

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Microbiologie Appliquée

Département : Ecologie et Génie de l'environnement

Thème :

**Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'Oued Saf-Saf
« Skikda »**

Présentés par : ❖ Messikh Aya
❖ Zeddouri Feriel

Devant le jury composé de :

Président :	Mr RAMDANI K.	(M.C.B)	Université de Guelma
Examinatrice :	M^{me} ROUAIGUIA M.	(M.C.B)	Université de Guelma
Encadreur :	M^{me} DJAMAA F.	(M.C.B)	Université de Guelma
Co-Encadreur :	M^{elle} HALLACI S.	Doctorante	Université de Guelma

Juin 2024

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Dieu le tout-puissant de nous avoir donné la volonté, le courage et la patience pour réaliser ce travail.

Nous remercions très sincèrement les membres du jury d'avoir bien voulu accepter d'évaluer notre travail :

*Nous reconnaissons le docteur « **Mr. RAMDANI Kamel** », Maitre de conférences classes B à l'université de Guelma 8 mai 1945, de nous avoir fait l'honneur de présider le jury et d'évaluer ce modeste travail.*

*Nos remerciements sincères pour le Docteur « **M^{me} ROUAIGUIA Meriem** », Maitre de conférences classes B à l'université de Guelma 8 mai 1945, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos vifs remerciements vont à de mémoire « **M^{me} DJAMAA Fatma** », Maitre de conférences classes B au département d'Ecologie et Génie de l'environnement à l'université de Guelma 8 mai 1945.*

Qui a suivie de près et de loin le déroulement et les étapes de travail, pour sa disponibilité tout au long de l'élaboration de cette mémoire, pour l'inspiration, l'aide, les critiques et les suggestions, qui ont été pour moi d'un grand apport, ainsi que pour l'écoute et le temps qu'il a bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

*Nous tenons à remercier sincèrement notre Co-encadreur « **M^{elle} Hallaci Soumia** » s'est toujours montrée à l'écoute et très disponible toute la période de mémoire.*

Nous remercions les enseignants de notre département d'Ecologie et Génie de l'environnement et tous les enseignants qui nous ont aidés de près ou de loin pendant toutes mes années d'études.

*Nous remercions aussi et vivement le personnel de la direction de la santé et de la population (DSP) de la wilaya de Guelma, en particulier « **Mr. Djeradi Abed Rahmane** » et **M^{me} Aboud Djahida, Boumaza Radja et Soudani Sofia** pour leurs aides.*

Mes remerciements vont également à :

- Mes sincères remerciements à **M^{elle} Houda Moumni** de m'avoir soutenue et m'encourager.*
- Les personnels du laboratoire du département de Biologie, surtout **M^{me} Hayat et M^{me} Houria**.*

Dédicace

الحمد لله الذي ما تم جهد ولا ختم سعي إلا بفضله

Aujourd'hui et après toutes ces années, c'est le fruit de cinq ans. J'ai l'honneur, mais surtout le plaisir de dédier ce modeste travail à toutes les personnes qui m'aiment, qui croient en moi. Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à :

À ma mère et mon père

Ma mère **Hakima**, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Mon père **Lakhdar**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Une spéciale dédicace à mes frères **Fouad** et **Moundhir**.

Notre encadreur « **M^{me} Djamaa F** » Nous la remercions de tout cœur pour sa patience et sa confiance qu'elle nous a toujours accordée durant notre travail.

Aux ingénieurs de laboratoire de la direction de la santé et de la population (**DSP**) de la wilaya de Guelma, qui nous ont aidés : **Aboud Djahida**, **Boumaza Radja** et **Soudani Sofia** pour ses efforts et ses aides précieuses.

Tous mes amis **Dounia**, **Inès** et **Manar**, surtout mon binôme **Aya** pour sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail et la promotion Master 02 Microbiologie appliquée 2024.

Sans oublier **Soumia Hallaci**, que Dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.

FERIEL

Dédicace

عظم المراد فهان الطريق

فجاءت لذّة الوصول لتمحي مشقة السنين

Je remercie Dieu. Le tout puissant de m'avoir donné la santé. Le courage et la volonté d'entamer et de terminer ce modeste travail.

Je dédie ce travail à :

La femme plus belle et plus précieuse, ma mère **Fatima Zahra**, que Dieu protège, à mon très cher père **Abed El Hamid** qui m'ont doté d'une éducation digne qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

A mon cher frère **Haythem** et mes deux chères sœurs, la plus douce **Houda**, **Nadjwa** et son mari.

Toute ma famille **Messikh** pour leur aide et support dans les moments difficiles.

À notre encadreur, « **M^{me} Djamaa F** » pour son soutien moral et son encouragement.

Aux personnels du laboratoire de la direction de la santé et de la population (**DSP**) de la wilaya de Guelma qui nous a aidés : **Aboud Djahida**, **Boumaza Radja** et **Soudani Sofia**, sans oublier **Soumia Hallaci** je la remercie énormément pour mes remerciements.

À mon binôme **Feriel** en témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs que nous avons passés ensemble, et à toutes mes meilleures amies **Djihane**, **Radhwa** et **Adala**, **Malak** et surtout à mon amie proche **Merchela Hadil**.

À toutes mes camarades de la promotion **Microbiologie appliquée** : nous avons passé des agréables moments universitaires, je vous souhaite à toute une très belle carrière professionnelle et une vie privée de joie.

AYA

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Première partie : étude bibliographique

Chapitre I : Description de la zone d'étude

1.	Présentation de la zone industrielle (GL1/K) de la wilaya de Skikda.....	4
1.1.	Situation géographique de la wilaya de Skikda	4
1.1.1.	Zone industrielle de la wilaya de Skikda.....	4
1.2.	Présentation du complexe de Liquéfaction du Gaz (GL1/K) de Skikda	5
2.	Aperçu géographique et Réseau hydrographique d'Oued Saf-Saf	7
2.1.	La situation géographique	7
2.2.	Réseaux hydrologique	7
3.	Cadre biotique de la wilaya Skikda.....	9
4.	Cadre climatique d'Oued Saf-Saf.....	9
4.1.	Température.....	10
4.2.	Précipitation.....	10
4.3.	Humidité.....	11
4.4.	La vitesse de vent	12
4.5.	Evaporation.....	13

Chapitre II : La pollution issue du complexe GL1/K de Skikda

1.	Pollution d'Oued Saf-Saf.....	15
1.1.	Types des polluants industriels et chimiques	18
1.1.1.	Produits chimiques toxiques provenant des industries.....	18
a.	Métaux lourds.....	19
1.1.2.	Produits chimiques organiques	21
a.	Molécules de synthèse	21
b.	Déchets industrielle	22
c.	Rejets indirects dans l'Oued Saf-Saf.....	23
1.2.	Les risques sur la santé humaine.....	24
1.2.1.	Les effets sur la qualité de l'eau	24

1.2.2.	Les maladies liées à la contamination d'Oued Saf-Saf	26
1.3.	Les effets sur les écosystèmes et la biodiversité	27

Deuxième partie : étude expérimentale

Chapitre III : Matériel et méthodes

I.	Échantillonnage.....	29
1.	Station et période de prélèvement	29
2.	Matériel et technique de prélèvement	30
3.	Enregistrement et étiquetage des échantillons	31
4.	Mode de transport et conservation des échantillons.....	31
II.	Méthode d'analyse	32
1.	Les analyses physico-chimiques.....	32
1.2.	Paramètres physico-chimiques.....	32
1.2.1.	Potentiel d'hydrogène (pH)	32
1.2.2.	La Température.....	33
1.2.3.	La Conductivité électrique	33
1.2.4.	Oxygène dissous.....	34
1.2.5.	Turbidité	34
1.3.	Paramètres indésirables	34
1.3.1.	Salinité.....	34
2.	Les analyses microbiologiques	34
2.1.	Recherche et dénombrement des germes totaux à 37 °C (germes revivifiables).....	35
2.2.	Recherche et dénombrement des germes de contamination fécale.....	38
2.2.1.	Coliformes totaux	38
2.2.2.	Coliformes fécaux.....	38
2.2.3.	Streptocoques fécaux.....	40
2.2.4.	Anaérobies sulfito-réductrices (ASR).....	42
2.3.	Recherche et identification des germes pathogènes.....	44
2.3.1.	Recherche des Staphylocoques.....	45
2.3.2.	Recherche des Salmonelles	46
2.3.3.	Recherche des <i>Vibrio</i>	48
2.3.4.	Recherche des Shigelles	51
2.3.5.	Recherche des <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	52
2.4.	Recherche des levures et moisissures	53

2.5. Identification des germes.....	55
2.5.1. Examen macroscopique des caractères cultureux	55
2.5.2. Examen microscopique bactériologique.....	57
2.5.3. Identification biochimiques (galerie API)	58
2.6. Antibiotogramme	62

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques	65
1.2. Paramètres physico-chimiques.....	65
1.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	65
1.2.2. La Température.....	66
1.2.3. La Conductivité électrique	67
1.2.4. Oxygène dissous.....	68
1.2.5. Turbidité	69
1.3. Paramètres indésirables	70
1.3.1. La Salinité.....	70
2. Résultats des analyses microbiologiques.....	71
2.1. Dénombrement des germes totaux à 37 °C	71
2.2. Résultats et dénombrement des germes de contamination fécale	72
2.2.1. Dénombrement des Coliformes totaux	72
2.2.2. Dénombrement des Coliformes fécaux.....	74
2.2.3. Dénombrement des Streptocoques fécaux	75
2.2.4. Dénombrement des Anaérobies sulfito-réductrices (ASR).....	76
2.3. Recherche et identification des germes pathogènes.....	77
2.3.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram de différents germes isolés	77
2.3.2. Résultats d'identification biochimiques (galerie Api).....	81
2.4. Résultats d'Antibiotogramme.....	86

Conclusion

Références bibliographiques

Résumé

Abstract

الملخص

Annexes

Liste des figures

Figure 1: Situation géographique de la wilaya de Skikda	4
Figure 2: Vue panoramique du complexe GL1/K	5
Figure 3: Situation géographique du bassin versant du Saf-Saf	7
Figure 4 : Les principaux cours d'eau	8
Figure 5: Situation hydrologique du bassin versant du Saf-Saf	9
Figure 6: Température mensuelle en (°C) durant la période (2009-2018).....	10
Figure 7: Précipitation moyenne mensuelle en (mm) durant la période (2009-2018)	11
Figure 8: Variation mensuelle de l'humidité relative durant la période (2009-2018)	12
Figure 9: Variation mensuelle de vent durant la période (2009-2018).....	13
Figure 10: Variation mensuelle d'évaporation durant la période (2009-2018).....	13
Figure 11: Les polluants atmosphériques de complexe GL1/K	17
Figure 12: Rejet industrielle par complexe GL1/K.....	22
Figure 13: Les unités de la plateforme pétrochimique de Skikda	23
Figure 14: Points de Prélèvements S1 et S2	30
Figure 15: étiquetage des échantillons	31
Figure 16 : Matériels de transport et conservation des échantillons	32
Figure 17: Multi paramètre	32
Figure 18: Préparation des dilutions décimale	36
Figure 19: Protocole de recherche et dénombrement des germes totaux à 37°C dans les eaux	37
Figure 20 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	40
Figure 21: Protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux	42
Figure 22 : Recherche et dénombrement des clostridium sulfato-réducteurs	44
Figure 23: Protocole opératoire de recherche et identification des staphylocoques dans les eaux	46
Figure 24: Protocole opératoire de recherche et identification des salmonelles	48
Figure 25 : Protocole opératoire de recherche et identification des <i>vibrio</i> dans les eaux.....	50
Figure 26: Protocole opératoire de recherche et identification des Shigelles dans les eaux...	51
Figure 27: Protocole opératoire de recherche et identification de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dans les eaux.....	53
Figure 28: Recherche et dénombrements des levures et moisissures	55

Figure 29 : L'enzyme catalase	60
Figure 30: L'enzyme oxydase	60
Figure 31: L'enzyme coagulase.....	61
Figure 32: Variations de pH de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024).....	65
Figure 33: Variations de la température de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024).....	66
Figure 34: Variations de La conductivité électrique l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024).....	67
Figure 35 : Variations de l'oxygène dissous de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024)	68
Figure 36: Variations de la turbidité de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars -Avril 2024)	69
Figure 37: Variations de la Salinité de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024)	70
Figure 38: Estimation des germes totaux à 37°C de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024)	Error! Bookmark not defined.
Figure 39: Estimation des coliformes totaux dans l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024)	73
Figure 40: Dénombrement des coliformes totaux par la méthode de NPP	73
Figure 41: Estimation des coliformes fécaux dans l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars- Avril 2024).....	74
Figure 42: Dénombrement des coliformes fécaux	75
Figure 43: Estimation des streptocoques fécaux/ml dans l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024).....	75
Figure 44: Test confirmatif à 44°C confirme la présence d' <i>E. Coli</i>	76
Figure 45: Résultats des ASR trouvés dans l'eau de la retenue.....	77
Figure 46: Aspect des colonies sur milieu Chapman (Station 2).....	82
Figure 47: Cocci à Gram positif en amas (Objectif ×100).....	82
Figure 48: Aspect des colonies sur gélose cétrimide	83
Figure 49: Bacilles Gram négatifs (Grossissement x100)	83
Figure 50: Profil biochimique de la souche <i>Staphylococcus aureus</i>	84
Figure 51: Profil biochimique de la souche <i>Pasteurella spp</i>	84
Figure 52 : Profil biochimique de la souche <i>brevundimonas vesicularis</i>	85
Figure 53: Profil biochimique de la souche <i>Citrobacter braakii</i>	85

Figure 54: Profil biochimique de la souche <i>Staphylococcus sciuri</i>	85
Figure 55: Profil biochimique de la souche <i>Salmonella spp</i>	85
Figure 56: Profil biochimique de la souche <i>Staphylococcus aureus</i>	85
Figure 57: Profil biochimique de la souche <i>Salmonella spp</i>	86
Figure 58: Profil biochimique de la souche <i>Pasteurella spp</i>	86
Figure 59: Profil biochimique de la souche <i>Chryseobacterium indologenes</i>	86
Figure 60: Résultat de l'antibiogramme de Streptocoques	86
Figure 61: Résultat de l'antibiogramme de <i>Staphylococcus aureus</i>	86

Liste des tableaux

Tableau 1: Présentation du complexe de Liquéfaction du Gaz (GL1/K).....	6
Tableau 2: Origines et natures de différentes sources de pollution de l'eau	16
Tableau 3: Les principales maladies d'origine hydrique.....	26
Tableau 4: Périodes et sites de prélèvement et informations sur le climat	29
Tableau 5: Classification des eaux selon leurs pH	33
Tableau 6: Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR/20 ml)	76
Tableau 7: Aspect macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées à partir de nos prélèvements.....	78
Tableau 8: Résultats du profil biochimique des <i>Staphylococcus</i> isolés.....	82
Tableau 9: Résultats du profil biochimique des <i>Pseudomonas</i> isolés	83
Tableau 10: Les espèces identifiées par l'API 20 E et l'API 20 NE et l'API Satph.	84
Tableau 11: Résultat de l'antibiogramme des principales espèces isolées	87

Liste des Abréviations

°C : Le Degré Celsius

µs/Cm : Micro Siemens Par Centimètre

API : Analytical Profile Index

ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs

ATB : Antibiotiques

BCPL : Bouillon Lactose Au Pourpre de Bromocrésol

C : Carbone

Cd : Cadmium

CE : Conductivité Electrique

Cf : Coliforme Fécaux

CP1/K : Le Complexe de Pétrochimie

Cr : Le Chrome

CT : Coliforme Totaux

CT/MI : Coliforme Totaux Par Millilitre

CTE : Le Centre Thermique Electrique

D /C : Double Concentration

DBO₅ : Demande Biologique En Oxygène En Cinq Jours

DCO : Demande Chimique En Oxygène

DSP : La direction de la santé et de la population

E. Coli : *Escherichia coli*

EPA : Eau Peptonée Alcaline

EST (RTE) : Le complexe de la région terminale l'entreprise nationale de production et distribution de gaz industrie

Eva Litsky : Bouillon à l'éthyle violet et aide de sodium

Fe S : Sulfate de fer

Fe²⁺ : Fer ferreux

GL1/K : Le complexe de liquéfaction de gaz naturel

GN : Gaz naturelle

GN : Gélose nutritive

GNAB : Gélose nutritive alcaline de billé

GNL : Gaz naturel liquéfié

H : Hydrogène

H₂S : Hydrogène sulfuré

Ha : Hectare

HAP : Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Hg : Le mercure

Kg : Kilogramme

Km : Kilomètre

Km² : Kilomètre carré

L : Litre

MEA : Moncethanolamine

MES : Matière en suspension

Na cl : Chlorure de Sodium

NPP : Nombre plus probable

NTU : Néphélométrie turbidité unit

OMS : Organisation mondiale de la santé

PCB : Polychlorobiphényles

PCB-DL : Polychlorobiphényles Dioxin-Like

PCB-NDL : Polychlorobiphényles Non Dioxin-Like

pH : Potentiel Hydrogène

RA1/K : Le complexe de raffinage de pétrole

ROTHER : Bouillon à l'acide de sodium

S/C : Simple concentration

SF/ml : Streptocoque fécaux par millilitre

SFB : Bouillon Sélénite Cystéine

SS : *Salmonella-Shigella*

TSI : Triple Sugar Iron Agar

UFC : Unités Formant Colonies

VF : Viande Foie

Introduction

Notre planète « la Terre », aussi appelée la « planète bleue » à cause de la dominance de l'eau qui représente les trois quarts de sa surface (**Kherifi et Achi, 2016**). L'eau est devenue indispensable à notre vie quotidienne, à notre santé, à nos loisirs, mais aussi à la plupart des activités économiques. Elle est une condition de la qualité et de la diversité de notre environnement.

En Algérie, la plupart des régions du pays se trouvent dans un climat aride à semi-aride, avec un déficit hydrique considérable. Les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution causée par les rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs. Ces rejets peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes qui menacent la qualité de l'environnement dans son ensemble (**Lakehal, 2023**).

Les écosystèmes aquatiques sont souvent victimes de pollution chimique et microbiologique du fait qu'ils sont exposés à de nombreuses contaminations, ce qui engendre généralement des dégradations graves des différents compartiments qui les constituent (eau, faune et flore) et par conséquent une influence considérable sur la santé publique (**Mérimeche et Boulahchiche, 2012**).

La pollution de l'eau due à des micro-organismes d'origine fécale est apparue très tôt, dès que l'eau a été utilisée comme vecteur de l'élimination des déchets. Cependant, lorsque le milieu aquatique reçoit des rejets d'origine animale ou anthropique, le nombre et le type des bactéries présentes capables de rendre l'eau impropre à l'utilisation humaine, les maladies d'origine hydrique ont été responsables de vastes épidémies de dysenterie, de fièvre typhoïde, de choléra, ces maladies présentes à cause de la pollution (**Mehanned et al., 2014**).

Les Oueds d'Algérie sont devenus des véritables dépotoirs, en ce sens qu'ils charrient toutes sortes de rejets liquides et solides. Ceci a eu pour incidence une dégradation de la qualité des eaux (**Guasmi et al., 2006**).

Les eaux de surface de bonne qualité sont cependant en quantité limitée ou ont été contaminées par des activités humaines qui ont amené à détériorer la qualité de l'eau et les conditions de vie pour tous les organismes vivants y compris les poissons. Les eaux de surfaces reçoivent plusieurs polluants tels que les matières organiques provenant des activités agricoles

Ou industrielles, et les microorganismes pathogènes (virus, bactéries ou parasites) provenant des matières fécales de l'homme et de l'animale (**Bouteldja et al., 2016**).

Exemple d'eau de surface : dans les Oueds comme Oued Saf-Saf dans la région de Skikda se trouve un important dispositif industriel qui se situe directement sur la frange littorale. Cet important dispositif rejette ces effluents directement dans le golfe de Skikda (Mer Méditerranée). Nous essayons, au cours de ce travail, d'apprécier le degré de pollution des eaux des rejets du complexe **GL1/K** et les eaux superficielles (**Berkani et al., 2019**).

L'objectif principal de notre travail consiste à étudier la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau d'Oued Saf-Saf de la région Skikda.

Le travail est organisé en quatre chapitres :

- ✓ Dans le premier chapitre, nous parlerons sur la description de la zone d'étude (Oued Saf-Saf), présentation de la zone industrielle (**GL1/K**) de Skikda et aperçu géographique et réseau hydrographique d'Oued Saf-Saf ...etc.
- ✓ Dans le deuxième chapitre, nous parlerons sur la pollution issue du complexe **GL1/K** de la région de Skikda et de ses effets sur la qualité de l'eau et la santé humaine et la biodiversité.
- ✓ Dans le troisième chapitre, nous exprimons les méthodes et les protocoles d'analyses respectés pour réaliser ce travail (échantillonnage ; les analyses physico-chimiques et microbiologiques La recherche et le dénombrement des germes qui peuvent être responsables d'une pollution fécale : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) et d'autres germes pathogènes (*Staphylocoques*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* , *Shigella*, *Vibrio*) et les levures et moisissures.
- ✓ Le quatrième chapitre est consacré à la présentation et à la discussion des différents résultats obtenus.

Enfin, Nous avons achevé ce travail avec une conclusion et de Prévention et contrôle de la pollution industrielle d'Oued Saf-Saf.

Chapitre I :
Description de la
zone d'étude

1. Présentation de la zone industrielle (GL1/K) de la wilaya de Skikda

1.1. Situation géographique de la wilaya de Skikda

La wilaya de SKIKDA, issue du découpage territorial de 1974, est située au Nord-est algérien à des latitudes 36° 20 et 37° 00 au Nord, les longitudes 6° 15 et 7° 30 à l'Est. Elle comprend 13 daïras regroupant 38 communes.

Elle regroupe une population de 898 680 habitants en 2008 et s'étend sur une superficie de 413 768 km², soit près de 6 % de la superficie totale du pays. Elle dispose de 140 km de côtes (soit 12 % de la côte algérienne) qui s'étalent d'El Marsa à l'Est jusqu'à Oued Zhour aux fins fonds du massif de Collo à l'Ouest.

Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée ; au Sud par les wilayas de Mila, Constantine et Guelma ; à l'Est par la wilaya de Jijel (**Figure 1**) (**Attalah et Ghennai, 2018**).

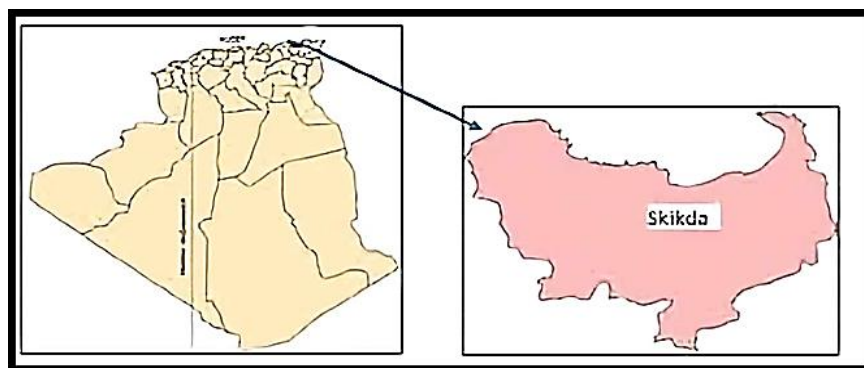


Figure 1: Situation géographique de la wilaya de Skikda (**Sid Ahmed, 2020**)

1.1.1. Zone industrielle de la wilaya de Skikda

SONATRACH est la compagnie algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement de l'eau de mer. Elle fournit des métiers au niveau national et international (**Adada et Khider, 2020**).

L'activité industrielle dans la wilaya de Skikda est fortement concentrée autour des grandes agglomérations telles que Skikda, Azzaba et El Harrouch.

La zone industrielle de Skikda a été créée par Décret 84/35 du 3 Mars 1984 relatif à l'administration des zones industrielles. Elle est située à l'Est de la ville de Skikda à environ 4 km et s'étend sur une surface totale de 1200 hectares, regroupant des unités industrielles dans le domaine des hydrocarbures (transport, raffinage, énergie et transformation) (**Labar, 2009**).

Dans le bassin du Saf-Saf, La zone industrielle située à 4 km de la ville de Skikda regroupe actuellement 7 unités de complexes :

- ✓ Le centre thermique électrique (**CTE**) et **LAVALIN**.
- ✓ Le complexe de liquéfaction de gaz naturel (**GL1/K**).
- ✓ Le complexe de pétrochimie (**CP1/K**) Le complexe de raffinage de pétrole (**RA1/K**).
- ✓ Le complexe de la région terminale **EST (RTE)**, l'entreprise nationale de production et distribution de gaz industrie (**Bouhayene, 2015**).

1.2. Présentation du complexe de Liquéfaction du Gaz (GL1/K) de Skikda

Dans le cadre de l'objectif stratégique de valorisation des ressources en gaz naturel, principalement du gisement de HASSI R'MEL, des usines de GNL ont été construites dans le nord du pays, dont le but principal est l'exportation du GNL vers l'Europe et les USA par Méthaniers. Parmi ces usines, nous citons le complexe de (**GL1/K**) de Skikda. Dans la zone pétrochimique située sur la rive est de l'Oued Saf-Saf. Dont le chantier a débuté en Mars 1969 et la production en novembre 1972. Ce complexe s'étend sur une superficie de 90 hectares et reçoit par gazoduc d'une longueur de 580 Km et de 40 pouces de diamètre du GN du gisement de HASSI R'MEL (**Figure 2**) [1].



Figure 2: Vue panoramique du complexe GL1/K [1]

Sa capacité annuelle de production est de 4,5 millions m de GNL et une capacité de stockage de 196 000 m de GNL. Il emploie 1200 travailleurs permanents. Il remplace les trois trains de liquéfaction, détruits en 2004 par un incendie et une explosion [1].

Son activité est la production de gaz liquéfié à partir du gaz naturel acheminé par le pipeline de Hessi Ramel. Ce dernier est destiné à l'exportation et l'extraction de l'hydrocarbure lourd. En plus du gaz liquéfié, le **GL1/K** produit aussi de l'éthane, du butane, du propane et du naphta léger (**Bouhayene, 2015**).

Situé au sud de la mer Méditerranée, sur la plate-forme pétrochimique, le **GL1/K** est à 2,5 km de la ville de Skikda sur la rive Est de l'Oued Saf-Saf jusqu'à son embouchure sur la mer. À partir du gaz naturel acheminé de Hassi Rmel (Sud algérien) par pipe, le **GL1/K** produit essentiellement du gaz liquéfié destiné à l'exportation et à l'extraction des hydrocarbures lourds, auquel s'ajoutent l'éthane, le propane, le butane et le naphta (**Tableau 1**) (**Gueddah, 2015**).

Tableau 1: Présentation du complexe de Liquéfaction du Gaz (GL1/K) (**Labar, 2009**)

Situation	Zone industrielle
Superficie	74.8 ha
Date de mise en service	1973
Activité	Liquéfaction du gaz naturel
Nombre d'employés	1310
Production	Gaz naturel
	Ethane
	Propane
	Butane
	Naphta
Matière première	Gaz naturel
Eaux industrielles	Refroidissement : - 150 000 m ³ /j (eaux de mer).
	- 15000 m ³ /j (circuit fermé).
	Procès : 1440 m ³ /J.

2. Aperçu géographique et Réseau hydrographique d'Oued Saf-Saf

2.1. La situation géographique

Le bassin versant du Saf-Saf est inscrit dans le territoire de la wilaya de Skikda au Nord-Est de l'Algérie. Faisant partie des bassins côtiers constantinois, il se situe entre le bassin versant de l'Oued Guebli à l'ouest et celui de l'Oued Kébir à l'est de la partie Est. Il est limité au Nord par la mer Méditerranéenne, au Sud par Djebel Hadja et Djebel Oucheni, à l'Est par Djebel Alia et Djebel Tengout, à l'Ouest par le massif de Collo et Djebel Boukhallouf.

Le bassin versant du Saf-Saf est inscrit dans le territoire de la wilaya de Skikda, qui s'étend sur une superficie de 4137 km². Il draine une superficie de l'ordre de 1166 km² afin de se déverser à l'Est de la ville de Skikda dans la mer Méditerranée (**Figure 3**) (**Bousekaa et Laouar, 2021**).

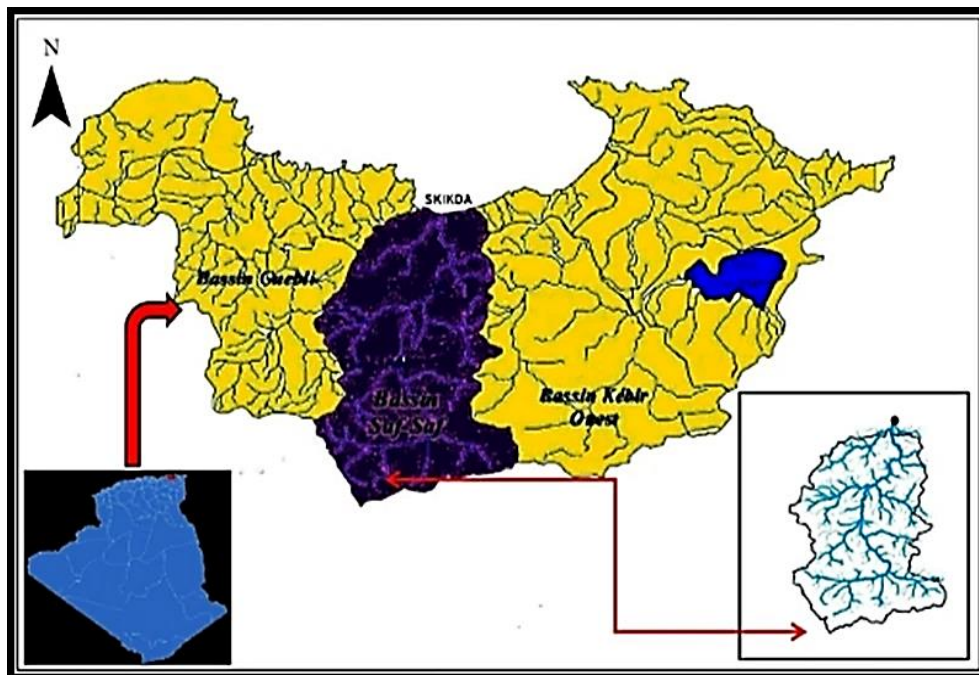


Figure 3: Situation géographique du bassin versant du Saf-Saf (**Bousekaa et Laouar, 2021**)

2.2. Réseaux hydrologique

La région de Skikda est traversée par trois principaux cours d'eau, à savoir :

- ✓ L'Oued Kebir ouest à l'Est.
- ✓ L'Oued Saf-Saf au centre.
- ✓ L'Oued Guebli à l'Ouest (**Figure 4**).

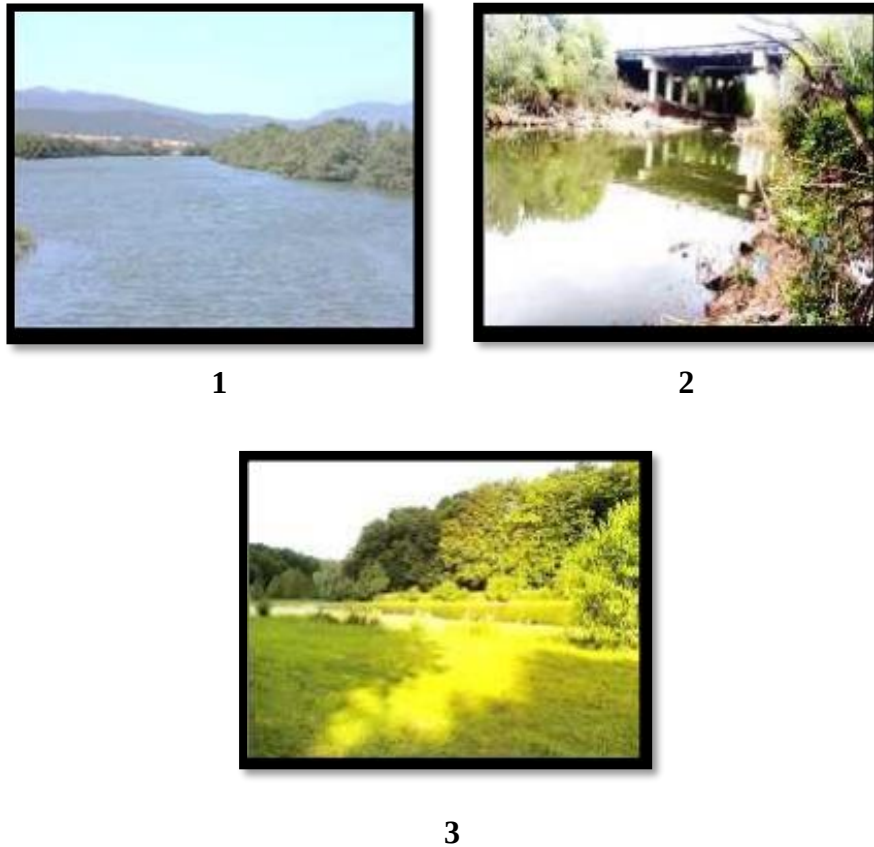


Figure 4 : Les principaux cours d'eau

1 : L'Oued Kebir, 2 : L'Oued Saf-Saf, 3 : L'Oued Guebli (Hallaci et Mahboubi, 2019)

Le bassin versant du Saf-Saf est drainé par l'Oued Saf-Saf, qui prend naissance au Sud de la chaîne Numidique à partir des deux oueds Khémakhem et Bou Adjeb drainant une surface de 1158 km² [2].

Notre secteur d'étude présente un chevelu hydrographique dense, constitué par des Oueds permanents et des Oueds temporaires. Au niveau de la plaine de l'Oued Saf-Saf, les Oueds temporaires sont peu nombreux. Les Oueds permanents sont les affluents de la vallée Saf-Saf (Figure 5) (Khelfaoui, 2008).

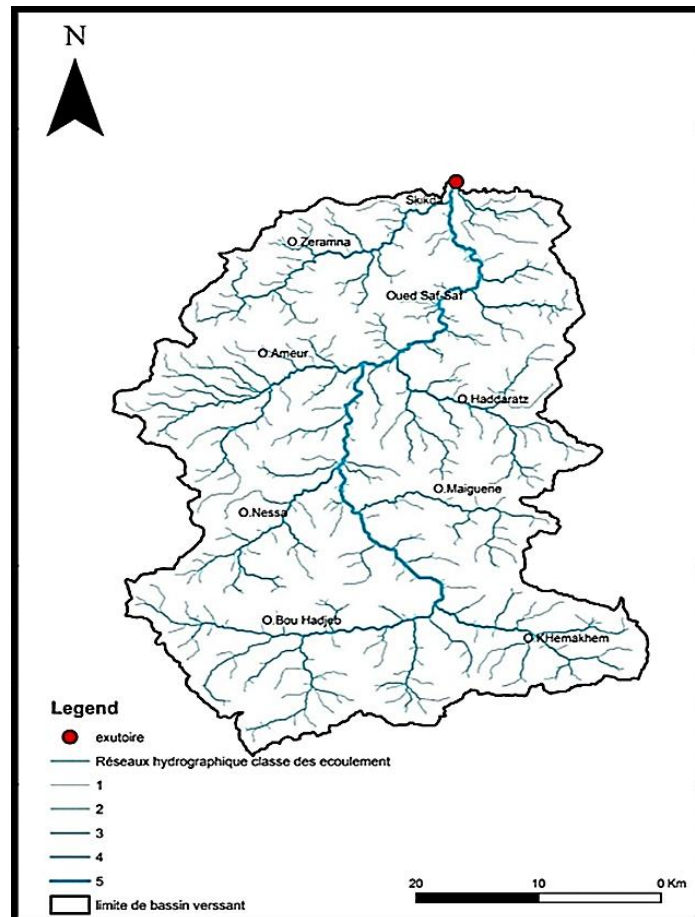


Figure 5: Situation hydrologique du bassin versant du Saf-Saf (Bousekaa et Laouar, 2021)

3. Cadre biotique de la wilaya Skikda

La Wilaya de Skikda présente le linéaire côtier le plus long des wilayas côtières (130 km) et présente des potentialités naturelles importantes. Skikda recèle une grande richesse en faune marine qui se trouve représentée par près de cinquante espèces pêchées dans les eaux territoriales de la wilaya et un nombre non déterminé d'espèces non pêchées et donc non recensées. La faune terrestre de la région est celle qui caractérise la forêt algérienne : sanglier, chacal, etc. D'une façon générale, la flore de la région de Skikda est assez riche et comporte plusieurs espèces rares, qui sont de formes différentes : les espèces végétales qui colonisent la baie de Skikda (espèces marines) et les terrains (continent) (Hadjadj et Bouabid, 2022).

4. Cadre climatique

Le climat est un facteur abiotique important dans l'étude de la typologie et le fonctionnement d'un milieu naturel. Il nous permet de déterminer les composants et les

caractéristiques de ce dernier. L'étude des données climatologiques est une opération indispensable dans toute étude hydrogéologique, car elle facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles (**Benabassa et Merzoug, 2018**) (**Annexe 1**).

4.1. Température

La température est un facteur écologique de première importance qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (**Satha et Makroudi, 2015**). On dispose des données de températures moyennes mensuelles de la station métrologique Skikda pour la période (**2009-2018**).

D'après cette **figure 6**, on observe les moyens mensuels les plus élevés pendant la période d'été entre Juin et Septembre. Plus précisément, le mois d'Août à la température la plus élevée estimée à 26,37 °C. D'autre part, les plus basses températures sont observées durant la période hivernale de Décembre à Mars. Plus précisément au mois de Janvier, où il atteint 12,67 °C.

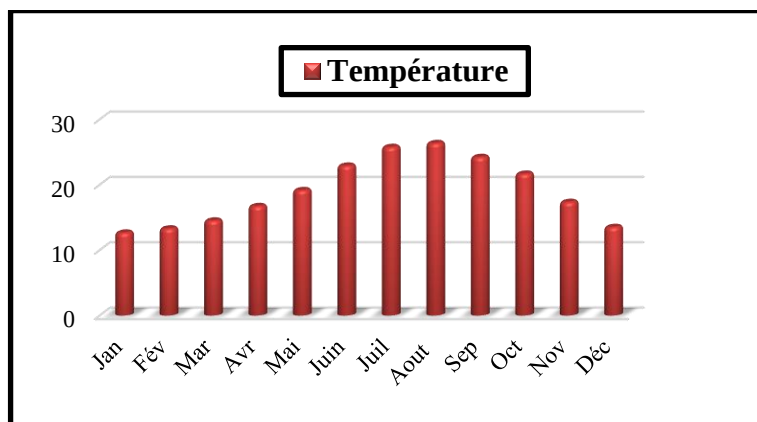


Figure 6: Température mensuelle en (°C) durant la période (2009-2018) (**Hallaci et Mahboubi, 2019**)

4.2. Précipitation

La précipitation est un facteur climatique essentiel en ce qui concerne le cycle écologique, le régime hydrographique et l'activité agricole (**Belli et al., 2021**).

Le terme de précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle... etc. (Bouras et Sekfali, 2013).

D'après des données présentées dans la **figure 7**, on observe que le mois le plus pluvieux est Janvier et Février avec une moyenne entre 116,94 et 126,01 mm de précipitation. Tandis que le mois de Juin et Juillet est le mois le plus sec avec une moyenne entre 6,3 et 1,64 mm de précipitation.

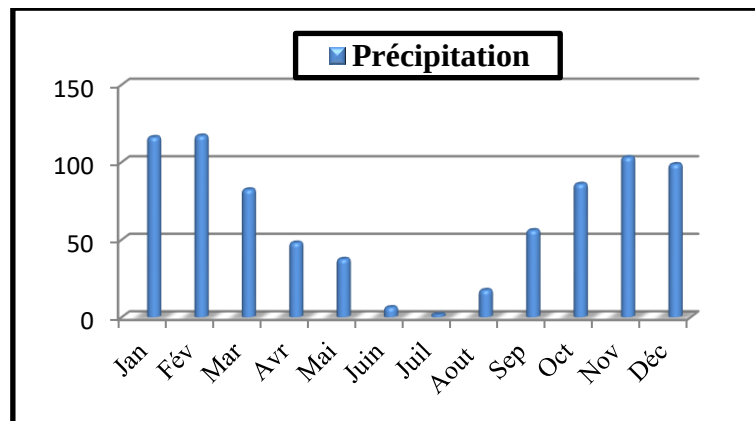


Figure 7: Précipitation moyenne mensuelle en (mm) durant la période (2009-2018) (Hallaci et Mahboubi, 2019)

4.3. Humidité

L'humidité relative est l'un des paramètres principaux du cycle hydrologique. Elle conditionne l'évaporation (Mansouri, 2009).

Elle dépend de plusieurs facteurs climatiques comme la pluviométrie, la température et le vent (Belli *et al.*, 2021).

D'après cette **figure 8**, on observe que les moyennes mensuelles de l'humidité varient toute l'année. La valeur la plus élevée est estimée au mois de Décembre avec 71,77 %, contrairement au mois de Novembre, la valeur la plus basse est estimée à 66,88 %.

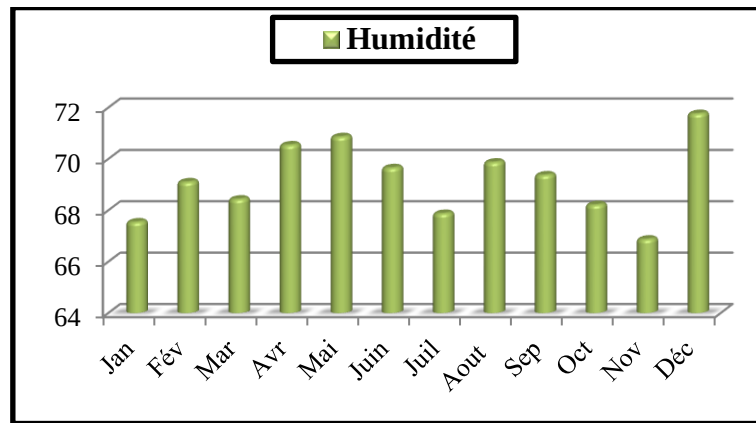


Figure 8: Variation mensuelle de l'humidité relative durant la période (2009-2018) (Hallaci et Mahboubi, 2019)

4.4. La vitesse de vent

Le vent est un facteur important du climat, il influe sur la température, l'humidité et l'évaporation (Lemzadmi et Saidi, 2017).

La connaissance de ce paramètre est très importante dans la limite des propositions de l'irrigation pour une meilleure utilisation de la double ressource sols et eaux (Zaoui, 2017).

La région de Skikda est très exposée aux vents. Ils sont caractérisés par leurs fréquences, direction et vitesse. Les vents dominants sont d'Ouest en Est, chargés d'humidité au Sud-Ouest (Khelaifia, 2023).

À partir des données présentées dans la **figure 9**, on montre que la vitesse maximale des vents a été observée pendant le mois de Février et la valeur la plus moins observée pendant le mois d'Aout.

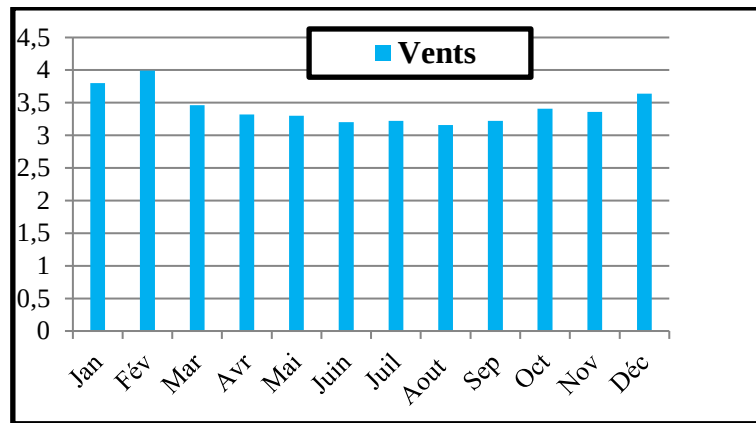


Figure 9: Variation mensuelle de vent durant la période (2009-2018) (Hallaci et Mahboubi, 2019)

4.5. Evaporation

L'évaporation est un phénomène très important puisqu'il concerne environ la moitié de l'eau issue des précipitations. Mesurée par unité de temps, elle varie bien sûr d'une époque de l'année à l'autre en fonction de la radiation nette, de la vitesse du vent et de l'humidité de l'air (Abdellioui *et al.*, 2012).

L'évaporation moyenne mensuelle, représentée sur l'histogramme **figure 10**, a été observée durant le mois d'Août avec une valeur maximale, par contre la valeur minimale a été observée durant le mois de Février.

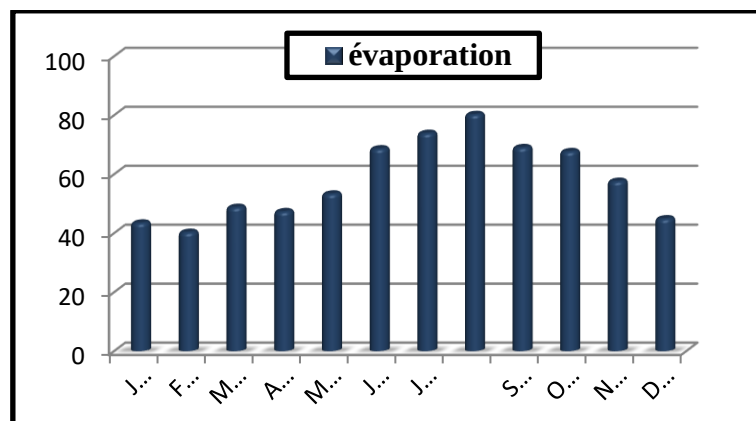


Figure 10: Variation mensuelle d'évaporation durant la période (2009-2018) (Hallaci et Mahboubi, 2019)

***Chapitre II :
La pollution issue du
complexe GL1/K de
Skikda***

1. Pollution d'Oued Saf-Saf

La pollution est la dégradation de l'environnement causée par la pénétration de substances n'étant pas présentes naturellement dans l'environnement (l'air, l'eau ou le sol). Elle perturbe des écosystèmes, dont les conséquences pourraient entraîner la migration ou l'extinction de certaines espèces qui ne peuvent pas s'adapter aux changements. On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif pour les êtres vivants qui la consomment. Quand les êtres humains consomment de l'eau contaminée, cela a souvent de graves conséquences pour leur santé et rend l'eau inutilisable pour l'usage auquel elle est destinée (**Chekirou et al., 2017**).

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est une interface entre l'air et le sol, subit donc les dégradations de ces deux milieux (**Bouziati, 2000**).

On distingue traditionnellement différents types de pollution en fonction de l'agent polluant qui peut être d'origine industrielle, pétrochimique, atmosphérique ou hydrique.

✓ Pollution industrielle

Est liée principalement aux rejets industriels non traités, et notamment aux rejets des zones industrielles du complexe (**GL1/K**) de la wilaya de Skikda dont les volumes ne sont pas connus avec précision. Les eaux usées industrielles se distinguent par leur volume et leur composition. Il existe trois catégories de pollution :

➤ Pollution physique

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle (**Louafi et Chorfi, 2021**).

La pollution physique fait référence à d'autres types de pollution, tels que la pollution thermique due à des températures élevées entraînant une réduction de la teneur en oxygène dissous et une réduction de la solubilité des gaz et la pollution radioactive, où la radioactivité dans les masses d'eau naturelles peut être d'origine naturelle ou artificielle (énergie nucléaire) (**Bouziati, 2000**).

➤ Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est causée par la libération de certains minéraux toxiques tels que les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et d'autres sels, ainsi que des ions métalliques dans les cours d'eau. Ces substances ont un effet toxique sur les matières organiques, les rendant encore plus dangereuses (**Amrai et boudissa, 2023**).

➤ Pollution organique

Constituent de loin la première cause de la pollution des ressources en eaux. Ces matières organiques (déjection animale et humaine, graisses...) sont notamment issues des effluents domestiques, mais également des rejets industriels (industries agro-alimentaires, en particulier). La pollution organique peut être absorbée par le milieu récepteur tant que la limite d'autoépuration n'est pas atteinte (**Tableau 2**) (**Bnhacine, 2017**).

Tableau 2: Origines et natures de différentes sources de pollution de l'eau (**Ayad, 2017**)

Type de pollution	Nature	Origine
physique	Rejet d'eau chaude	Centrales thermiques nucléaires
	M.E.S (matière en suspension)	Rejet bains, érosion des sols
Chimique	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, agroalimentaires
	Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives
	Métaux (Cd, Pb, As)	Industries, agriculture, déchets
	Pesticides	Industries, agriculture
	Organochlorés (PCB, Solvants)	Industries
	Composés organiques des synthèses	Industries
	Détergents	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports
Biologique	Bactéries, virus, champignons	Effluents urbains, agricoles

✓ Pollution générée par effluents pétrochimiques

Les effluents industriels pétrochimiques sont à l'origine des industries des produits pétroliers : forages, raffineries, réservoirs, oléoducs (pipes), réservoirs souterrains, postes de pompes à essence, etc. (**Berkani et al., 2019**).

Ainsi, au niveau de la zone industrielle de Skikda, en plus de la raffinerie, des réservoirs et des oléoducs, deux autres principales activités pétrochimiques peuvent être considérées : le vapocraquage du naphta ou du gaz-il avec les productions d'éthylène, de propylène, de styrène puis des polymères et de caoutchoucs... ; le reformage catalytique du naphta vers la production d'aromatiques, puis de phénols, de nylons... (**Labar, 2009**).

✓ Pollution atmosphérique

Le complexe de gaz naturel liquéfié (**GL1/K**) possède deux torches et deux brûleurs. Les gaz brûlés (pentanes, heptanes, octanes et autres) entraînent un dégagement de monoxyde de carbone polluant l'atmosphère (**Figure 11**) (**Labar, 2009**).



Figure 11: Les polluants atmosphériques de complexe GL1/K (**Prise personnelle par Messikh, 2024**)

✓ Pollution hydrique

Les rejets hydriques du complexe GL1/K contiennent d'autres produits hautement toxiques tels que la Moncethanolamine (MEA) et la Morpholine. Les pertes de Moncethanolamine (MEA) du complexe GL1/K peuvent atteindre 10 kg/j (**ANPE, 1994**). Ces pertes sont dues soit à un percement d'un tuyau ou à des purges effectuées lors de problèmes de moussage.

Ce produit (MEA) est toxique pour la vie aquatique à des concentrations relativement basses dans l'eau. Si le produit répandu ne peut pas être recueilli, il peut être neutralisé avec une solution diluée d'acide chlorhydrique (**Labar, 2009**).

1.1. Types des polluants industriels et chimiques

L'expansion et l'intensification des activités humaines sont à l'origine de l'accroissement de la dispersion des polluants dans les milieux naturels. Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulaires. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que le ruissellement, le déversement direct des déchets (**Chibani, 2009**).

L'industrie a également un impact négatif sur l'eau en raison des eaux résiduelles industrielles, qui sont généralement rejetées par l'usine dans l'environnement.

Les effluents industriels peuvent causer des pollutions organiques (industries agroalimentaires, papeteries), chimiques (tanneries, usines textiles, travaux des métaux...) ou physiques (réchauffement par les centrales thermiques, matières en suspension des mines ou de la sidérurgie, radioactivité...) (**Hedahdia et Aliouche, 2016**).

Selon le type d'industrie, on distingue diverses matières polluantes :

- ✓ Matières organiques et graisses (abattoirs, industrie agroalimentaire...).
- ✓ Hydrocarbures (industrie pétrolière, transport).
- ✓ Métaux (traitement de surface, métallurgie).
- ✓ Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...).
- ✓ Eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- ✓ Matières radioactives (centrales nucléaires ; traitement des déchets radioactifs) (**Boucherit et Hakimi, 2016**).

1.1.1. Produits chimiques toxiques provenant des industries

La pollution chimique est définie comme la présence de substances chimiques non désirées ou dangereuses dispersées. Ce sont des corps dépourvus de vie qui peuvent être nuisibles à l'homme. L'eau contient naturellement des composés chimiques. C'est quand ils sont en excès (par rapport à une norme) ou qu'ils apparaissent là où ils ne devaient pas qu'ils causent la pollution (**Ghouli et al., 2022**).

La pollution chimique résulte des rejets chimiques essentiellement d'origine industrielle **(Bougada et Koreichi, 2020)**.

Les polluants chimiques sont actuellement divisés en 5 catégories : les produits chimiques dits indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et colorants, et les autres éléments toxiques tels que : Métaux lourds (plomb, mercure, cadmium...) **(Bouziani, 2000)**.

a. Métaux lourds

De nombreux métaux lourds sont responsables de la pollution des eaux ; leurs effets et leur disponibilité sont intimement liés à leurs formes chimiques. La pollution par les éléments traces métalliques est généralement d'origine industrielle, mais elle peut également provenir de la lixiviation des déchets solides ménagers. Certains métaux ne produisent que des inconvénients d'aspect ou de goût (fer, zinc, manganèse...), d'autres métaux, comme le mercure, le cadmium, le plomb et le chrome, sont toxiques et rendent l'eau inutilisable pour l'usage domestique et agricole **(Belli et al., 2021)**.

Parmi les métaux lourds très toxiques que l'on peut trouver accidentellement dans l'eau, on distingue : le plomb, le cadmium, le cyanure, l'arsenic, le chrome, le nickel, l'antimoine, le sélénium **(Ayad, 2017)**.

✓ **Définition des quelques métaux lourds**

➤ **Cadmium (Cd)**

Les effluents liquides industriels, contenant des métaux lourds, posent un sérieux problème pour l'environnement en général et la santé publique en particulier. En effet, les métaux lourds sont toxiques même à faible concentration et ont la capacité de s'accumuler tout au long de la chaîne alimentaire **(Ouanoughi, 2004)**.

Le Cadmium est un élément rencontré dans le milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoutes, colloïdes, particulaires) et chimiques (minérale ou organique) **(Mehouel, 2020)**.

La présence du cadmium dans le milieu aquatique a un impact sur ses organismes, mais sa toxicité diffère selon l'espèce et la concentration **(Sarah et al., 2010)**.

La pollution du milieu marin par le Cadmium menace la santé humaine. Elle peut entraîner une intoxication aiguë suite à l'absorption ou l'inhalation de fortes quantités de Cadmium pendant un temps court (**Dosso, 2017**).

➤ **Plomb (Pb)**

Ce métal est très répandu et très utilisé dans l'industrie ; les possibilités de pollution sont extrêmement nombreuses et variées. Les activités humaines entraînant la formation d'aérosols plombifères constituent, actuellement, la principale source de Pb dans l'eau. D'autres origines persistent, notamment dues aux différentes activités industrielles utilisant le Pb comme matière première ou comme adjuvant (**Gueddah, 2015**).

Le plomb est un élément chimique, de symbole Pb et de numéro atomique 82.

Il peut être présent sous forme de carbonates (cérusites), de phosphates (pyrophosphites), mais surtout de sulfure (galène) [3].

Pour les organismes aquatiques, le plomb présente une toxicité létale lors des concentrations comprises entre 2,46 et 8,8 mg/l (**Hireche et Boudraa, 2016**).

La pollution par le plomb a plusieurs origines parmi lesquelles les industries (fonderies de la métallurgie, les câbles, bâtiments...), les incinérations d'ordures et les peintures réalisées avec des composés de sulfates de plomb et de plomb basique (**Benamer, 2010**).

➤ **Le mercure (Hg)**

Le mercure, métal liquide à température ambiante, présente un risque majeur pour l'écosystème marin et pour le consommateur humain ; il est utilisé dans des activités très variées : industrie papetière, industrie pharmaceutique, industrie chimique, agriculture (**Gaujoud, 1995**).

Le mercure peut être particulièrement néfaste pour l'environnement de par sa capacité à s'accumuler dans les organismes. Les concentrations de méthyl mercure augmentent le long de la chaîne alimentaire et avec l'âge [4].

1.1.2. Produits chimiques organiques

Les composés organiques peuvent être naturels ou de synthèse. Ils constituent le principal polluant aquatique et il est de multiples sources : agricole, industrielle et humaine (**Boucherit et Hakimi, 2016 ; Chibani, 2009**).

a. Molécules de synthèse

✓ Les hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des composés organiques contenant exclusivement des atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H) (**Bouderhem, 2011**).

Plus d'une centaine de HAP ont été découverts dans la nature, seulement 16 ont été sélectionnés comme polluants prioritaires, À noter que les hydrocarbures à 3 noyaux sont la cause essentielle de l'impact éco-toxicologique des pollutions pétrolières sur les écosystèmes aquatiques (**Latfaoui, 2017**).

Un déversement d'hydrocarbures entraîne une pollution avec des conséquences d'ordre physique et biologique qui peuvent avoir des répercussions sur l'homme (**Gueddah, 2015**).

✓ Les pesticides

On désigne généralement sous le terme pesticide tous les produits utilisés pour lutter contre les organismes qui portent atteinte à la santé publique en s'attaquant à tous les stades et toutes les matières, aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation humaine, à l'industrie ou encore à la conservation de l'environnement (**Chibani, 2009**).

L'utilisation des pesticides engendre une dégradation de la biodiversité :

- ✓ **À court terme** : intoxication directe ou indirecte des organismes, une réduction de l'offre de nourriture, des effets sur la reproduction et le comportement...
- ✓ **À long terme** : déséquilibres sur les écosystèmes [5].

✓ PCB

Les PCB ou polychlorobiphényles sont des composés aromatiques chlorés également connus. Ces composés ont été utilisés par l'industrie, sous forme de mélange, pour leurs propriétés isolantes (transformateurs électriques) ainsi que leur stabilité chimique et physique

(encres, peintures). La famille des PCB regroupe 209 molécules également appelées congénères. On distingue deux types de PCB sur la base de leur mécanisme d'action : PCB-DL, PCB-NDL [6].

Classés parmi les « polluants organiques persistants » les PCB se dégradent particulièrement mal dans la nature, où ils s'accumulent notamment dans les sédiments marins et d'eau douce [7].

b. Déchets industrielle

Notre zone d'étude est située dans les plaines du Nord-Est de l'Algérie et se caractérise par des aspects sociaux et économiques, principalement industriels. Les facteurs de pollution à caractère industriel sont les plus abondants, menaçant la spécificité des ressources hydriques dans la région et plus particulièrement les eaux souterraines au niveau de la zone industrielle.

Le secteur industriel dans la Wilaya de Skikda se caractérise par une prédominance de l'activité pétrochimique représentée par le complexe des matières plastiques CP1/K, le complexe de raffinage RAI/K, ainsi que par le complexe de liquéfaction de gaz naturel GLI/K (Figure 12) (Labar, 2009).



Figure 12: Rejet industrielle par complexe GL1/K (Prise personnelle par Messikh, 2024)

Sur le tronçon de la zone industrielle, l'Oued Saf-Saf reçoit les rejets des unités de la plateforme pétrochimique de Skikda et de la centrale thermique électrique (CTE) sans aucun traitement préalable. D'après un rapport du Service de l'environnement de Skikda (1999), le complexe des matières plastiques (CP1/K) rejette des produits toxiques tels que le mercure, les cyanures, les phénols et l'hypochlorite de sodium. Ces produits sont dangereux pour l'homme et la vie biologique (Figure 13) (Khelfaoui et Zouini, 2010).

Le complexe gaz naturel liquéfié (GL1/K) rejette ces eaux résiduaires dans l'Oued Saf-Saf avec des teneurs élevées en phénols de l'ordre de 5,6 mg/l (la norme admise en Algérie est de 0,5 mg/l), et contient des produits classés hautement toxiques tels que la morphine et la monoethanolamine (MEA). Ainsi, les effluents de la Centrale Thermique d'Electricité (CTE) sont chargés de polluants bactériologiques et organiques caractérisés par leur température élevée (pollution thermique) conduisant à l'épuisement de l'oxygène dissous [8].

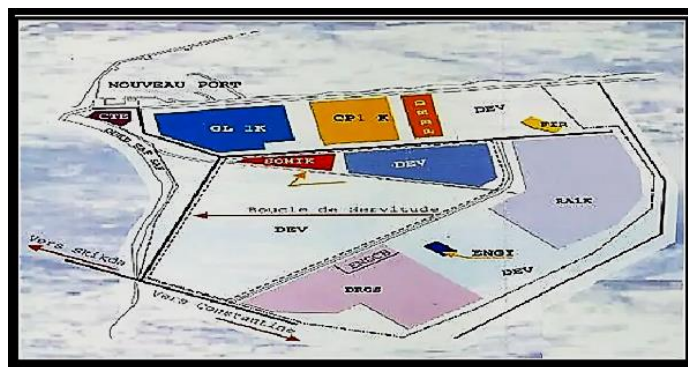


Figure 13: Les unités de la plateforme pétrochimique de Skikda [1]

c. Rejets indirects dans l'Oued Saf-Saf

La qualité des eaux de l'Oued Saf-Saf dans sa partie amont est considérée bonne. D'après les analyses effectuées en Mai 2005, la demande chimique en oxygène (DCO) est de l'ordre de 30 mg/l. De même, les teneurs de la demande biologique en oxygène (DBO₅) ne dépassent pas les 5 mg/l, ce qui confirme la bonne qualité de ces eaux.

En aval, l'Oued Saf-Saf a connu une dégradation dans la qualité de ses eaux, à cause des rejets domestiques des agglomérations d'El Harrouch, Salah Bouchaour, Ramdane Djamel, Beni Bachir et une partie des rejets de la ville de Skikda par le biais de l'Oued Zeramna, qui déverse dans le Saf-Saf (Khelfaoui et Zouini, 2010).

En plus du drainage des eaux usées domestiques des agglomérations d'El Harrouch, Ramdane Djamel, Salah Bouchaour, Beni Bechir et quelques rejets de la commune de Skikda par le biais de l'Oued Zeramna qui déverse dans l'Oued Saf-Saf, l'Oued Saf-Saf est soumis à plusieurs sources de pollutions telles que la raffinerie, la centrale thermique, l'ENAMARBRE et le GL1/K (Gueddah, 2015).

1.2. Les risques sur la santé humaine

La pollution des eaux usées a de nombreuses conséquences, directement ou indirectement sur l'homme ou indirectement sur le milieu où il vit.

Les effets de la pollution des eaux sur la santé humaine diffèrent selon le mode de contamination qui peut être par ingestion ou par simple contact, sans négliger les modes de contamination intermédiaires, en particulier la consommation de produits alimentaires eux-mêmes contaminés par des eaux polluées (**Chaouch, 2014**).

1.2.1. Les effets sur la qualité de l'eau

L'eau est l'un des éléments naturels qui fait l'objet d'une surveillance intense à travers le monde. Les objectifs majeurs de la surveillance de la qualité de l'eau sont de préserver la santé des consommateurs (**Tabet-Helal et Ghellal, 2004**).

La qualité de l'eau est influencée par des rejets directs, tels que ceux provenant d'une usine ou d'une station d'épuration des eaux usées : il s'agit de la « pollution ponctuelle ». Elle est également influencée par la pollution résultant de diverses sources, telles que les engrais et pesticides utilisés dans les activités agricoles et les polluants rejetés dans l'air par l'industrie, qui retombent ensuite au sol et en mer : c'est ce que l'on nomme la « pollution diffuse » [9].

Les conséquences de la pollution des milieux aquatiques sont multiples. Elles conduisent à des mortalités massives d'espèces, mais elles ont aussi des effets moins visibles : une eutrophisation des milieux, des effets toxiques à plus ou moins long terme, des maladies ou des perturbations endocriniennes [10].

✓ Les mortalités liées aux altérations de la physico-chimie

Les altérations physico-chimiques sont des modifications des caractéristiques des milieux, comme la salinité, l'acidité ou la température de l'eau. Passé un certain seuil, ces modifications deviennent toxiques pour les organismes vivant dans le milieu.

Les mortalités de la faune et la flore peuvent avoir d'autres origines. C'est notamment le cas lors des marées noires, où les hydrocarbures de type lourd.

✓ L'eutrophisation des milieux

L'eutrophisation est l'ensemble des symptômes que présente un écosystème aquatique à la suite d'un apport excessif de nutriments - en particulier le phosphore et l'azote - d'origine humaine (en savoir plus sur l'azote et le phosphore). L'apport de substances qui contiennent ces nutriments - comme par exemple les nitrates et les phosphates - stimule fortement la croissance des organismes végétaux, entraînant le développement soudain de plantes ou d'algues, qualifié de "prolifération végétale". Ce phénomène est accentué par les températures élevées, l'abondance de lumière et le faible renouvellement de l'eau.

L'eutrophisation peut aussi avoir des conséquences sur la santé : certaines espèces d'algues proliférantes produisent des toxines dangereuses, et peuvent par exemple nécessiter l'interdiction de la baignade en cas de prolifération (cas des cyanobactéries). De plus, la décomposition de volumes importants de plantes mortes produit des gaz toxiques : c'est un phénomène régulièrement observé sur les plages des eaux côtières victimes de l'eutrophisation (cas des algues vertes).

✓ Des effets toxiques sur les êtres vivants

À partir d'une certaine dose, les substances polluantes ont un effet toxique sur les êtres vivants. Cela signifie que, lorsqu'elles pénètrent dans l'organisme (essentiellement par ingestion, mais parfois par respiration), elles sont néfastes à sa survie ou sa santé. Une distinction est faite entre la toxicité aiguë et la toxicité chronique.

La santé humaine peut ainsi être menacée en cas d'ingestion d'eau polluée. Toutefois, les traitements de potabilisation visent à éviter ce risque. Le risque pour les êtres humains peut ainsi provenir de la consommation d'organismes aquatiques ayant été au contact de l'eau – poissons, mollusques, crustacés, etc. Car susceptibles d'accumuler les polluants dans leurs tissus.

✓ La contamination microbiologique des êtres vivants

À partir d'une certaine dose, les substances polluantes ont un effet toxique sur les êtres vivants. Cela signifie que, lorsqu'elles pénètrent dans l'organisme (essentiellement par ingestion, mais parfois par respiration), elles sont néfastes à sa survie ou sa santé. Une distinction est faite entre la toxicité aiguë et la toxicité chronique [10].

1.2.2. Les maladies liées à la contamination d'Oued Saf-Saf

L'impact de la pollution dépend de l'état de santé de la personne, de la concentration des polluants, de la durée d'exposition et de l'importance des efforts physiques réalisés.

Ces quatre facteurs sont très importants dans l'évaluation précise des risques sanitaires liés à la pollution chez un individu (Guellil, 2017).

De ce fait, l'eau est le vecteur privilégié de nombreuses pathologies à transmission hydrique (Tableau 3) (Ayad, 2017).

Tableau 3: Les principales maladies d'origine hydrique (Bouras et Sekfali, 2013)

Origines	Maladies	Agents
Bactérienne	Fièvre typhoïde	<i>Salmonella typhi</i>
	Fièvre paratyphoïde	<i>Salmonella paratyphi A</i>
		<i>Salmonella paratyphi B</i>
		<i>Salmonella paratyphi C</i>
	Gastro-entérites	<i>E.coli</i>
		<i>Campylobacter</i>
		<i>Yersinia</i>
	Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>
	Hépatite A et E	<i>Virus de l'hépatite A et E</i>
	Poliomyélite	<i>Virus poliomyélitique</i>
Virale	Gastro-entérite virale	<i>Virus Norwalk</i>
		<i>Rotavirus</i>
		<i>Astrovirus</i>
		<i>Calicivirus</i>
Parasitaire	Dysentérie amibienne	<i>Entamoeba histolytica</i>
	Giardiase	<i>Giardia lamblia</i>

1.3. Les effets sur les écosystèmes et la biodiversité

La pollution peut exercer des effets qui, différés dans le temps et dans l'espace, induisent des nuisances sur la santé humaine, l'écosystème aquatique et sur la biodiversité.

L'interaction d'un polluant avec les facteurs abiotiques et biotiques d'un écosystème affecte son action. Afin de mieux caractériser l'action de ce toxique sur chaque niveau trophique, l'évaluation de ces effets potentiels sur l'ensemble de l'écosystème reste difficile et nécessite de considérer différentes échelles spatio-temporelles.

Les conséquences écologiques de la pollution des ressources en eau se traduisent par la dégradation des écosystèmes aquatiques. Comme tout le milieu naturel, un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre à éliminer la pollution qu'il subit : c'est sa capacité « d'autoépuration ». Cependant, lorsque l'apport de substances indésirables est trop important, que cette capacité épuratoire est saturée, les conséquences écologiques peuvent être de différentes natures [11].

Au niveau de l'écosystème, une possible disparition d'espèces, une biodiversité réduite et des modifications de dominance entre les populations sont les principaux impacts qui peuvent survenir et modifier le fonctionnement global de l'écosystème. Ainsi, la diminution de l'abondance des consommateurs par rapport à celle des producteurs affecte les relations de dominance dans ces peuplements et peut à terme déséquilibrer l'écosystème (Zehor, 2010).

Chapitre III :
Matériel et méthodes

Dans cette section, nous décrivons les sites et les techniques d'échantillonnage et détaillons les différents protocoles analytiques utilisés :

I. Échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous :

- ✓ Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs.
- ✓ Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique.
- ✓ Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise.

Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs (**Rodier et al., 2009**).

1. Station et période de prélèvement

Pour évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'Oued Saf-Saf de la wilaya de Skikda, trois échantillons ont été prélevés, parmi lesquels 2 points (stations) ont été sélectionnés en fonction de leur localisation par rapport au point de rejet (**Tableau 4**) (**Hallaci et Mahboubi, 2019**).

Tableau 4: Périodes et sites de prélèvement et informations sur le climat

Sites de prélèvement	Nombre de prélèvement	Date de prélèvement	Heure de prélèvement	OBS
P1	S1	25/02/2024	07 : 26	Nuageux, 11°C
	S2		08 : 42	Point de rosée 6°C
P2	S1	24/03/2024	07 : 17	Partiellement ensoleillé, 16°C
	S2		08 : 07	Point de rosée 10°C
P3	S1	21/04/2024	06 : 32	Peu Nuageux, 12°C
	S2		07 : 02	Point de rosée 9°C

Toutes nos analyses microbiologiques sont réalisées au niveau du Laboratoire d'analyses microbiologiques de la direction de la santé et de la population de la wilaya de Guelma.

L'analyse physico-chimique des mesures directes sur site a été réalisée selon le type multi-paramètres.

La période de prélèvement des échantillons est de trois mois, Février, Mars et le mois d'Avril 2024 ; le taux d'échantillonnage est d'une fois par mois. Les deux sites de prélèvement dans le bassin versant de l'Oued Saf-Saf ont été choisis pour prendre des échantillons d'eau en fonction des éventuels rejets dans le bassin versant (**Tableau 4**).

- ✓ 1^{ère} station (**S1**) : est située en amont de l'Oued Saf-Saf.
- ✓ 2^{ème} station (**S2**) : suite aux émissions liquides de la station GL1/K en aval de l'Oued Saf-Saf (**Figure 14**).



Figure 14: Points de Prélèvements S1 et S2 (Prise personnelle par Zeddouri, 2024)

2. Matériel et technique de prélèvement

Pour effectuer chaque prélèvement, il est préférable d'utiliser des flacons en verre pyrex de 250 ml. Les flacons destinés aux prélèvements bénéficieront d'un nettoyage au détergent et à l'eau de javel puis sont rincés avec de l'eau du robinet et à la fin avec de l'eau distillée.

Une fois les flacons nettoyés, ils subiront une stérilisation (afin d'éviter tout risque de contamination) qui peut être soit :

- ✓ Par la chaleur humide (autoclave) avec une température de 121°C maintenue pendant 20 minutes.
- ✓ Par la chaleur séchée (four pasteur) avec une température de 170°C peut même aller à 175°C, pendant l'heure (**Zouaimia et Barhmia, 2013**).

Les techniques de prélèvements sont variables en fonction du but recherché et de la nature des eaux. Pour l'eau de surface, les flacons stériles sont plongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface, assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels.

Les flacons sont ouverts sous l'eau et sont remplis jusqu'au bord, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (Stiti et Benyahya, 2017).

Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, il convient de laisser un petit vide d'air, permettant un mélange correct en secouant le flacon (Attalah et Ghennai, 2018).

3. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Les échantillons doivent être soigneusement étiquetés. L'étiquette doit comporter tous les éléments nécessaires à la bonne exploitation des résultats de l'analyse : date, heure ; lieu précis ; les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales (Figure 15) (Attalah et Ghennai, 2018).



Figure 15: étiquetage des échantillons (Prise personnelle par Zeddouri, 2024)

4. Mode de transport et conservation des échantillons

Les analyses microbiologiques doivent être commencées moins de 6 heures après le prélèvement, le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les échantillons sont refroidis dès qu'ils arrivent au laboratoire avant le début des analyses (Figure 16) (Djedadoua, 2017).

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou inversement la surcroissance de micro-organismes à l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes (Hocine et al., 2022).



Figure 16 : Matériels de transport et conservation des échantillons (**Prise personnelle par Messikh, 2024**)

II. Méthode d'analyse

1. Les analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques mesurées directement sur le terrain ont été réalisées à l'aide d'un multi paramètre de type (HANNA HI 9829). Ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site (**Figure 17**).



Type de (HANNA HI 9829)

Type de (WTW Multi 1970 i)

Figure 17: Multi paramètre (**Prise personnelle par Zeddouri, 2024**)

1.2. Paramètres physico-chimiques

1.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène mesure la concentration en ions H de l'eau ; il est traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14 ; 7 étant le pH neutre. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (**Chibani, 2009**).

➤ Mode opératoire

- ✓ Brancher le pH-mètre, le laisser se stabiliser pendant quelques minutes, installer les électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil.
- ✓ Etalonner l'appareil à l'aide d'une solution tampon. Ensuite rincer l'électrode avec de l'eau distillée et avec l'échantillon à analyser.
- ✓ Amener l'échantillon d'eau à analyser à la température désirée.
- ✓ Plonger l'électrode dans l'échantillon à analyser et lire la valeur de pH directement.
- ✓ Après chaque détermination du pH, on retire l'électrode, on la rince et à la fin de l'expérience, on la laisse tremper dans l'eau distillée (**Tableau 5**) (**Ayad, 2017**).

Tableau 5: Classification des eaux selon leurs pH (**Amrai et boudissa, 2023**)

pH	Etat et type d'eau
pH < 5	Acidité forte → présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Prés neutralité → majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intensif

1.2.2. La Température

La Température de l'eau joue un rôle important pour ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la température accroit les vitesses des réactions chimiques et biochimiques. La température des eaux de surfaces variée selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres. Elle est mesurée par un thermomètre (**Kherchiche et Bouzid, 2013**).

La mesure de la température est effectuée sur le terrain, on utilise souvent dans ce but un Thermomètre ou un multi-paramètre. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes (**Oughidni et Sebti, 2015**).

1.2.3. La Conductivité électrique

La conductivité est la propriété qui possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ

électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**Bouhenni et Ghouil, 2017**).

La conductivité est mesurée in situ avec un multi paramètre, l'électrode à conductivité est rincée avec l'eau distillée et plongée dans l'environnement à étudier, après stabilisation de l'appareil les valeurs sont notées en fonction de la température (**Boulkhiout et al., 2023**).

1.2.4. Oxygène dissous

C'est la quantité d'oxygène libre contenue dans l'eau sous forme dissoute. Elle s'exprime par sa concentration. L'oxygène dissous est un facteur écologique essentiel indispensable pour la respiration des organismes vivants aérobies (**Chibani, 2009**).

Les organismes aquatiques ont besoin d'une quantité suffisante d'oxygène dissous dans l'eau pour survivre, ce qui en fait un important critère pour la vie aquatique, Les facteurs qui peuvent mener à la réduction de l'oxygène dissous sont : l'augmentation de la température de l'eau et la décomposition de grandes quantités de matières organiques (**Aissaoui, 2018**).

1.2.5. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux par la présence de matière en suspension fine, comme l'argile, les limons, les grains de silice. Une faible part de la turbidité peut due à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (**Kherchiche et Bouzid, 2013**).

1.3. Paramètres indésirables

1.3.1. Salinité

La salinité absolue mesure la concentration de l'eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium ; etc....). Sa mesure nécessite la mise en place d'un Multi paramètres et la même méthode suivie pour la mesure des paramètres précédant sera appliquer. Les résultats obtenus s'expriment en (g/kg d'eau) (**Amrai et Boudissa, 2023**).

2. Les analyses microbiologiques

Le principe générale des technique des analyses microbiologique des eaux consiste àensemencer une quantité connu d'eau à analyser sur un milieu de culture adapte, solide ou liquide. On suppose que, pendant l'incubation, chaque microorganisme présent se développé pour donner soit une colonie visible sur un milieu solide, soit des changements

d'apparence dans un milieu liquide, essentiellement un trouble de celui-ci (**Rejsek, 2002**) in (**Oughidni et Sebti, 2015**).

Les analyses microbiologiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de microbiologie de la Direction de la santé et de la population de la Wilaya de Guelma. Au cours de ces analyses, nous avons respecté toutes les conditions d'hygiène et de stérilisation afin d'éviter toute contamination possible.

2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux à 37 °C (germes revivifiabiles)

Microorganismes revivifiabiles nommés également mésophile aérobies sont toute bactérie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans un milieu spécifié à des températures optimales de croissance (après 24 h à 37 °C et 72 h à 22 °C). Ce dénombrement est souvent considéré comme accessoire par rapport aux autres dénombrements réalisés dans le contrôle bactériologique des eaux (**Rodier, 2009**).

Pour le dénombrement des germes totaux, la technique d'ensemencement dans la masse avec le milieu GN a été utilisée.

➤ Préparation des dilutions décimale

- 1- Marquer les tubes de diluant (exemple : 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}).
- 2- Prélever aseptiquement 1ml de la suspension mère à l'aide d'une pipette graduée stérile de 1ml munie d'une poire à aspiration ; l'homogénéisation du prélèvement se fait par aspiration et refoulement quatre fois, ou par l'utilisation d'un homogénéisateur.
- 3- Transférer aseptiquement le 1ml prélevé dans le premier tube 10^{-1} , la pipette ne devant pas pénétrer dans les 9 ml de diluant.
- 4- Jeter la pipette utilisée dans un conteneur approprié, à l'aide d'une deuxième pipette stérile de 1ml procéder de même du tube 10^{-1} au tube 10^{-2} .
- 5- Faire de même pour les trois derniers tubes, en utilise à chaque prélèvement une pipette nouvelle (**Figure 18**) (**Caroline et al, 2001**) in (**Attalah et Ghennai, 2018**).

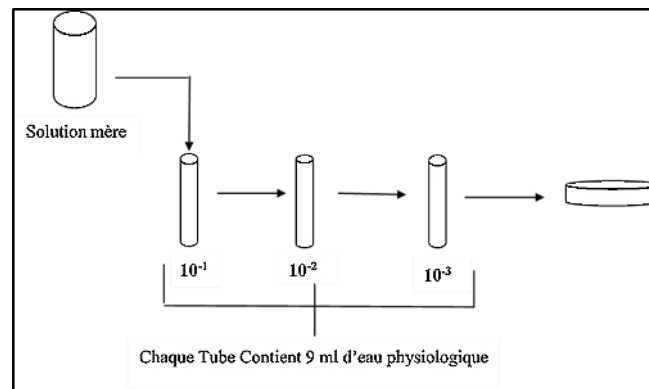


Figure 18: Préparation des dilutions décimale

➤ Mode opératoire

- Dans des boîtes de pétri vides, stérile et numérotées, on met 1ml d'échantillon non dilué et de diverses dilutions de cet échantillon (Soit : 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}).
- Complete ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à 45°C.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
- Laisser solidifier sur paillasse environ 15 min.
- Effectuer cette opération en double série de boîtes, dont la 1ère sera incubée à l'obscurité, couvercle en bas, dans une étuve à 22°C pendant 72 heures, et la 2ème dans une étuve à 37 °C durant 48 heures (**Rodier et al., 2009**) in (**Allouane et Limane, 2013**).

➤ Lecture et Expression des résultats

Les germes totaux se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse. Pour le dénombrement de ces derniers, on prend en considération les remarques suivantes :

- Dénombrer seulement les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies ;
- Les résultats sont exprimés en unités formatrices de colonies (UFC) par ml d'eau à analyser à 22 °C et 37 °C (**Belli et al., 2021**).

Le nombre d'UFC (Unités Formant Colonies), correspondant au nombre (N) des microorganismes dénombrés par ml à 37°C et à 22°C, est donné par :

$$N = \sum c / 1.1 \times d$$

Où :

N : Nombre d'UFC par ml de produit initial.

Σc : Somme des colonies comptées sur les deux boîtes retenues.

D : Taux de dilution correspondant à la première dilution (**Figure 19**) (**Djenidi, 2016**).

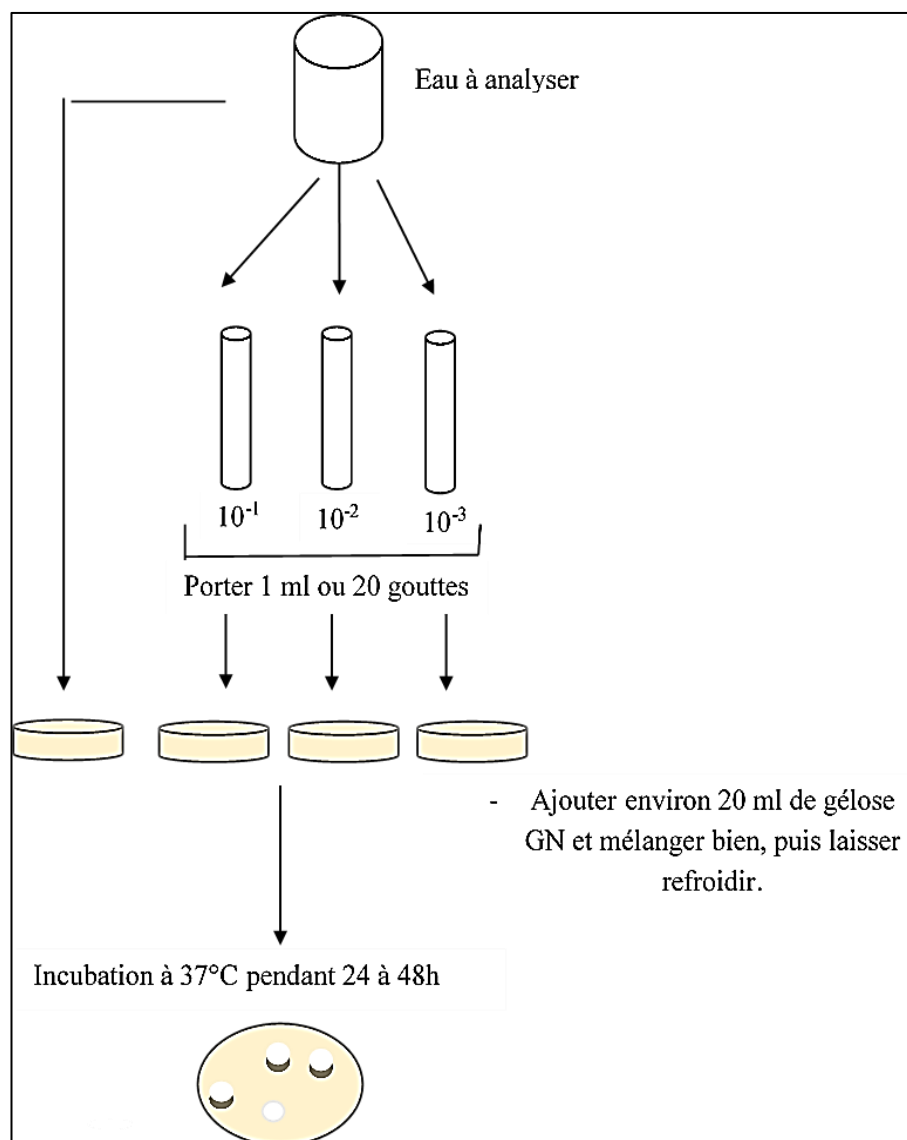


Figure 19: Protocole de recherche et dénombrement des germes totaux à 37° C dans les eaux

2.2. Recherche et dénombrement des germes de contamination fécale

2.2.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux (CT) appartiennent à la famille des *Entérobactéries* ; ce sont des microorganismes en forme de bâtonnets, non sporogènes, à Gram négatif, ne possédant pas d'oxydase, aérobies ou anaérobies facultatifs (Amiri et Boualleg, 2014).

2.2.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. Coli*), dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Mehanned *et al.*, 2014).

➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E. Coli* ont été effectués par la méthode du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie (Hedahdia et Aliouche, 2016).

Cette technique se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche des coliformes.
- Le test confirmatif : réservé à la recherche des coliformes fécaux et *E. Coli* (Hedahdia et Aliouche, 2016).

➤ Milieux de culture

- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C).
- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C).
- Milieu de confirmation : bouillon de Schubert.
- Réactif de Kovacs pour la recherche d'indole.

1^{ère} étape : Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes

On ensemence :

- 3 tubes de 10 ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser ;

- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser ;

On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche puis placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures ; Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche (**Amrai et Boudissa, 2023**).

➤ Expression des résultats des Coliformes totaux

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant au tableau de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP) (**Lebbihi et Derki, 2018**).

2^{ème} étape : Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*

On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ; On incube à 44 °C pendant 24 heures ;

On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois ;

- Un trouble avec un dégagement gazeux ;
- Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. Coli* Après adjonction

de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs (**ADE, 2011**) in (**Lebbihi et Derki, 2018**).

➤ Expression des résultats des Coliformes fécaux

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Credy (**Amrai et Boudissa, 2023**).

Noter le nombre des tubes positifs et exprimer le résultat selon la table de Mac Grady pour déterminer le nombre des coliformes fécaux par 100 ml d'échantillon (**Figure 20**) (**Annexe 2**) (**Lahouareche, 2014**).

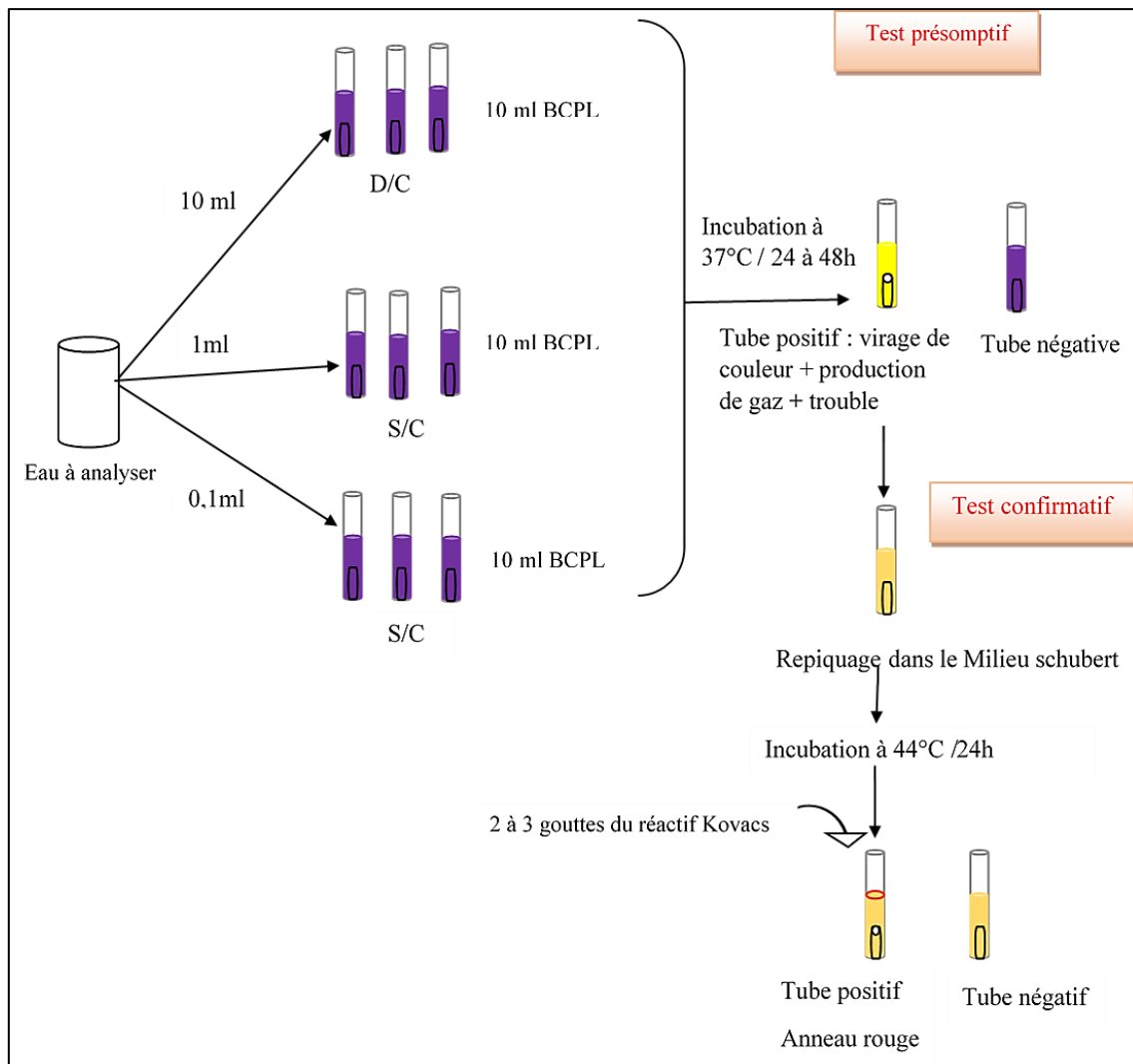


Figure 20 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

2.2.3. Streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux ou streptocoques du groupes « D » de la classification de lance Field, sont considérés, d'une manière globale, comme étant des témoins de pollution fécale (**Khalfallah et al., 2021**), du fait qu'ils ont tous un habitat fécal (**Hedahdia et Aliouche, 2016**).

➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe (D) dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des streptocoques.
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des streptocoques du groupe (D) (**Amiri et Boualleg, 2014**).

➤ Test de présomptif

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.
- 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Kherchiche et Bouzidi, 2013**).

Lecture : sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien (**Akrour et al., 2020**).

➤ Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur l'affirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de Rothe positifs, après l'agitation, prélevée de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Eva Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures (**Hanniche et Hafsi Bounbaou, 2016**).

➤ Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (**Annexe 2**) (**Figure 21**) (**Labres et al., 2008**) in (**Attalah et Ghennai, 2018**).

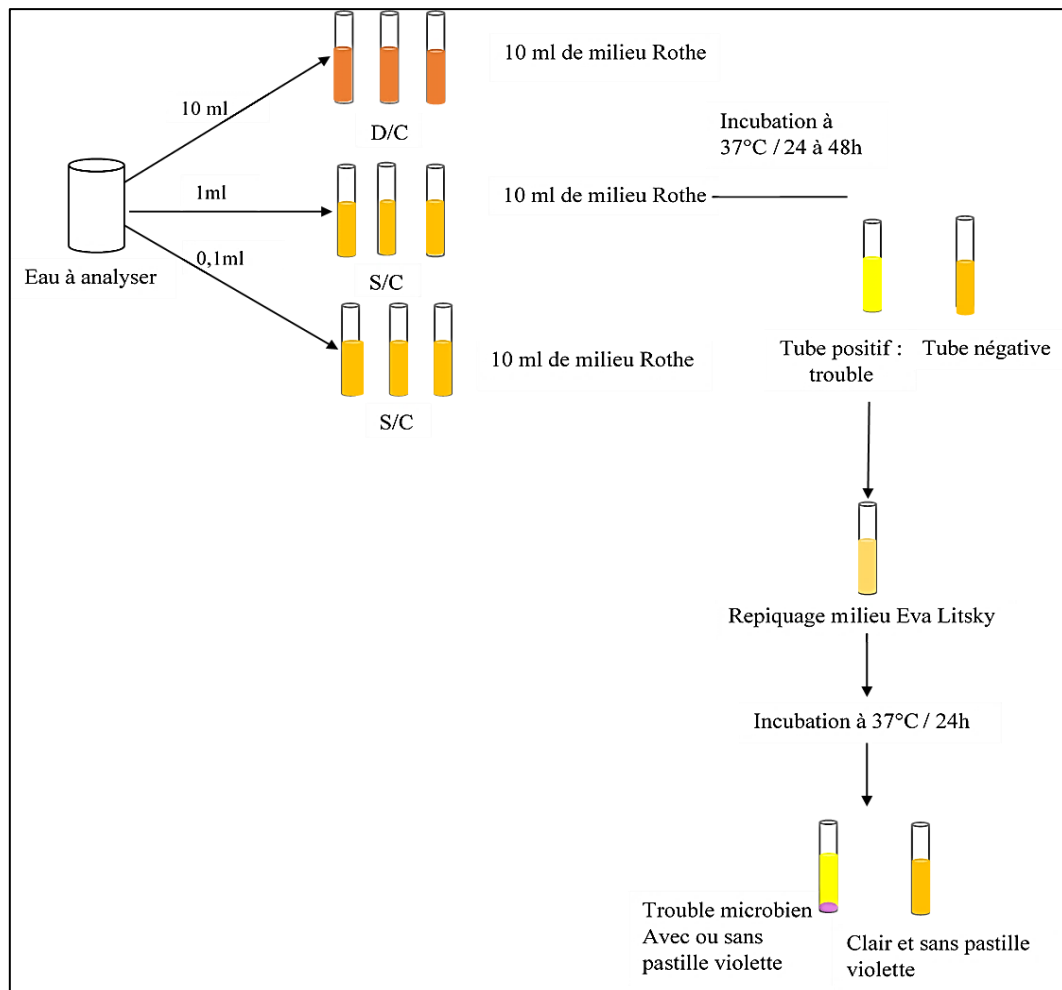


Figure 21: Protocole de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux

2.2.4. Anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont des bacilles Gram positifs, Anaérobies stricts, isolée ou en chaînette, mobile, elle a aussi la possibilité d'exister sous forme sporulée et par un équipement enzymatique réduisant plus ou moins activement les sulfites en sulfure.

Les spores des ASR se développent en 24 à 72 heures sur une gélose Viande Foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure De fer) de couleur noire (Boutebba *et al.*, 2022).

➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose en tubes profonds (Hedahdia et Aliouche, 2016).

- **Destruction des formes végétatives**

- Chauffer l'échantillon d'eau à analyser après l'avoir homogénéisé soigneusement.
- Introduire 25 ml d'échantillon dans un tube et placer celui-ci dans un bain Marie à $80\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$.
- Maintenir l'échantillon à cette température pendant 10 min, puis refroidir rapidement à environ 55 °C .

- **Préparation du milieu de culture**

- Placer 4 tubes de 20 ml de gélose viande foie (VF) dans un bain Marie bouillant pour assurer la fusion du milieu, maintenir 10 min dans ce bain laissé pour la régénération du milieu (élimination des gaz dissous, en particulier l'oxygène).
- Refroidir rapidement à 55 °C environ.
- Ajouter à chaque tube 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution de sels de fer.
- Mélanger doucement sans incorporer de bulles d'air.

- **Ensemencement et incubation**

- Placer 4 tubes stériles de tubes, répartir stérilement 5 ml de l'eau traitée précédemment
- Ajouter dans chacun d'eux le contenu d'un tube de milieu, mélanger doucement sans incorporer d'air.
- Refroidir rapidement sous un courant d'eau froide pour éviter que l'air Atmosphérique ne pénètre dans le milieu.
- Incuber à 37 °C à l'étuve (**Chibani, 2009**)

- ✓ **Lecture et expression des résultats**

Considérer comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir (**Djamma et Bouklab, 2022**).

La première lecture doit absolument être faite à 16 heures et la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière (**Figure 22**) (**Hedahdia et Aliouche, 2016**).

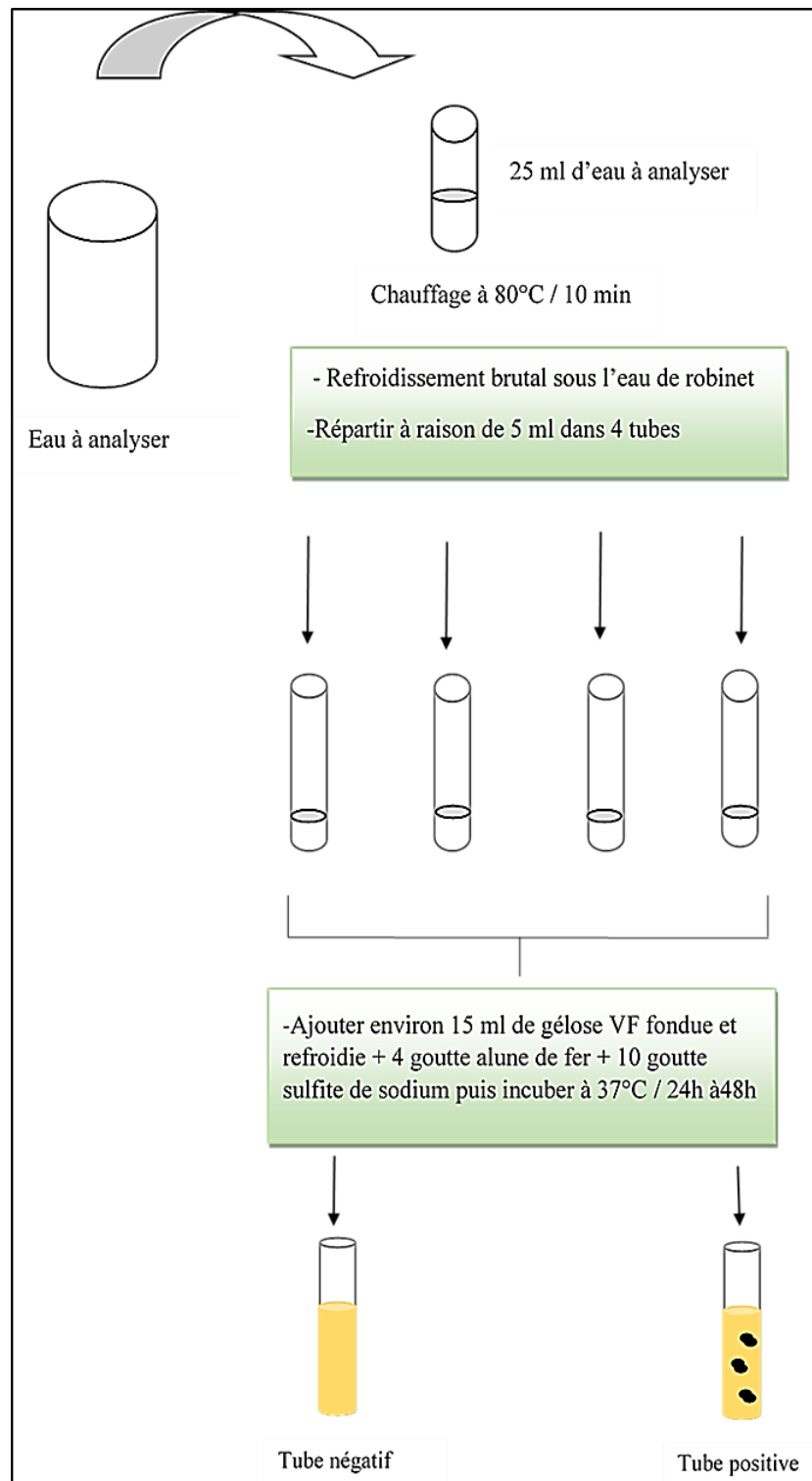


Figure 22 : Recherche et dénombrement des clostridium sulfato-réducteurs

2.3. Recherche et identification des germes pathogènes

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des

porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (Rodier, 2009) in (Selaimia et Boukerche, 2023).

Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles. Les germes recherchés sont *Staphylocoques*, *Shigella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* et *Vibrio*.

Les milieux utilisés sont : Hektoen, milieu *Salmonella-Schigella* (SS), Chapman, et gélose nutritive (GN).

2.3.1. Recherche des Staphylocoques

Ce sont des bactéries qui se présentent sous forme de Cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, possédant l'enzyme catalase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 36 ± 2 °C sur un milieu sélectif Chapman au mannitol qui contient un inhibiteur : fortes concentrations en chlorure de sodium (Kalkoul, 2021).

Le genre *Staphylococcus* est constitué de plusieurs espèces dont :

- ✓ *Staphylococcus aureus*.
- ✓ *Staphylococcus epidermidis*.
- ✓ *Staphylococcus saprophyticus*.
- ✓ *Staphylococcus Intermedius* (Amiri et Boualleg, 2014).

➤ Mode opératoire

Le milieu Chapman permet l'isolement sélectif de *Staphylococcus* sur la base d'une tolérance à La forte teneur en Na Cl, et la différenciation de l'espèce *Staphylococcus aureus* par la mise en évidence de la dégradation du mannitol (Zouaimia et Brahmia, 2013).

A partir de la solution mère, on ensemence par des stries toute la surface une boîte de Pétri contenant le milieu Chapman. Par la suite, la boîte est incubée à 37°C pendant 24 h (Rodier, 2005) in (Lahouareche, 2014).

➤ Lecture

Après la période d'incubation spécifiée, les Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement *Staphylococcus aureus*, apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc (Merzoug, 2009).

➤ Identification

Les principaux caractères pour l'identification de *Staphylococcus* :

- La coloration de Gram.
- Le test catalase.
- Le test oxydase.
- La coagulase. (**Figure 23**) (**Benabassa et Merzoug, 2018**).

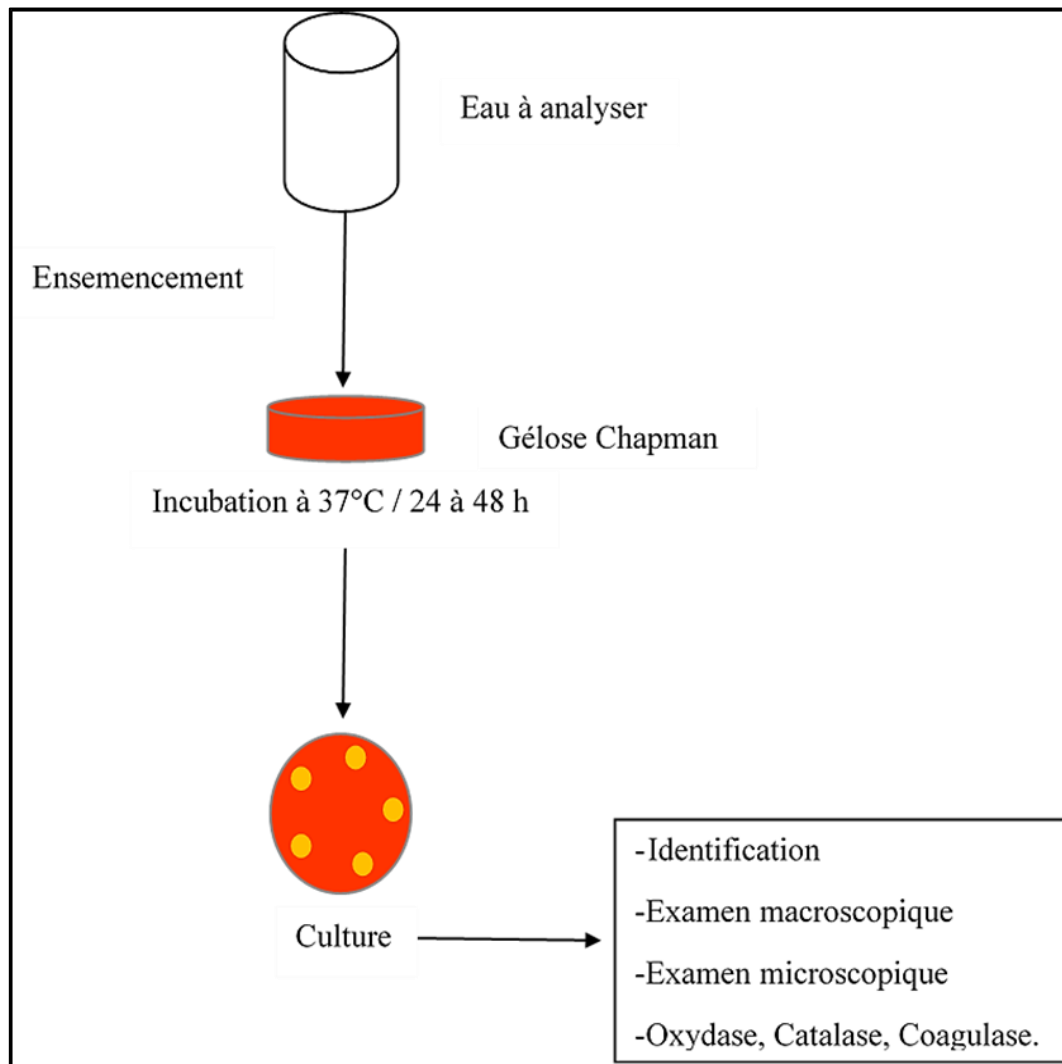


Figure 23: Protocole opératoire de recherche et identification des staphylocoques dans les eaux

2.3.2. Recherche des Salmonelles

Les salmonelles sont des bacilles Gram négatifs, anaérobies facultatives, mobiles pour la plupart avec des flagelles pèrit riches, ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H_2S (**Bendjamaa et al., 2019**).

➤ **Mode opératoire**

- **Premier enrichissement**

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de SFB S/C réparti à raison de 10 ml par tube, puis on ensemence ce milieu par 2 ml d'eau à analyser, on incube par la suite à 37 °C pendant 16 à 24 heures.

- **Deuxième enrichissement**

Le bouillon sélénite cystéine incubé la veille fera l'objet d'un enrichissement secondaire sur bouillon sélénite-cystéine en tubes à raison de 10 ml par tube. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

- **Isolement**

Les géloses Hektoen et SS ont été ensemencés d'une part avec 0.1 ml de culture prélevée en milieu d'enrichissement et d'autre part avec 0.1 ml de chaque échantillon mère sans enrichissement préalable.

- **L'incubation** se fait à 37°C pendant 18 à 24 heures (**Lebres *et al.*, 2002**) in (**Bouras et Sekfali, 2013**).

➤ **Lecture et interprétation**

Sur la gélose Hektoen, les présumées colonies de salmonelles ont présenté une coloration bleue ou verte à centre noir tandis que sur la gélose SS et Mac Conkey, les colonies sont incolores transparentes et incolores à centre noir (**Benabassa et Merzoug, 2018**).

➤ **Identification**

-Etat frais et coloration de Gram (bacilles Gram négatifs).

-Ensemencement d'un tube de TSI qui sera incubé à 37°C pendant 24 h, qui va être identifié soit par :

- La galerie biochimique, API 20 E (**Figure 24**) (**Oughidni et Sebti, 2015**).

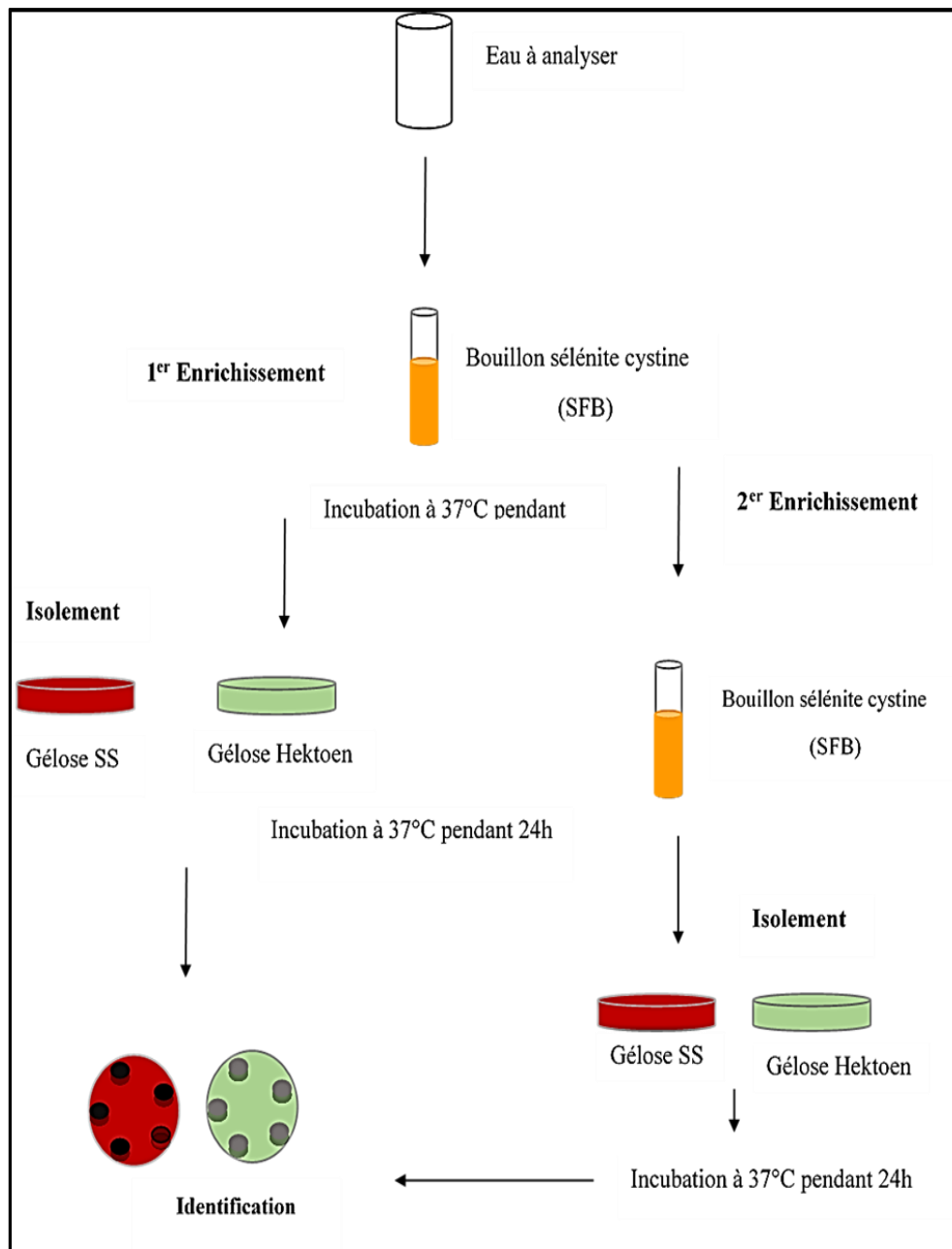


Figure 24: Protocole opératoire de recherche et identification des salmonelles

2.3.3. Recherche des *Vibrio*

Les *Vibrionaceae* sont des bactéries qui se présentent sous forme de Bacilles à Gram Négatifs droits ou incurvés (BGN), très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz ni d' H_2S , hautement pathogènes (Kaour *et al.*, 2022).

La recherche de *Vibrio cholerae* se fait sur milieu d'enrichissement eau péptonée alcaline (EPA) et le repiquage sur gélose nutritive alcaline biliée GNAB. Les colonies de *Vibrio* sont fines, plates, transparentes et blanches sur gélose GNAB (Hadji et Boucceredj, 2020).

➤ **Mode opératoire**

- **Jour 1 : première enrichissement**

Le premier enrichissement s'effectue dans des tubes portes 10ml de milieu eau peptonée alcaline (EPA), Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24h.

- **Jour 2 : Deuxième enrichissement et isolement**

- A partir du premier enrichissement (EPA1) on effectue un premier isolement sur gélose GNAB1.

- Nous réalisons un deuxième enrichissement en portant 1ml de flacon d'enrichissement sur eau peptone (EPA 2).

On incube pendant 24h à 37°C.

- **Jour 3 : Lecture des boîtes et identification**

- D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB 2 ; qui sera incubé à son tour à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 24h ;

- D'autre part, les boîtes de gélose GNAB 1 subiront une lecture (**Zouag *et al.*, 2017**) in (**Hallaci et Mahboubi, 2019**).

➤ **Identification morphologique et biochimique**

Sur GNAB, les colonies sont rondes, plates, bords réguliers, surface lisse brillante, translucides sous forme de goutte de rasée (**Boutebba *et al.*, 2022**).

Une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :

- Etat frais et coloration de Gram.
- Oxydase (+).
- Ensemencement d'une galerie biochimique classique ou bien galerie API 20 NE (**Figure 25**) (**Amiri et Boualleg, 2014**).

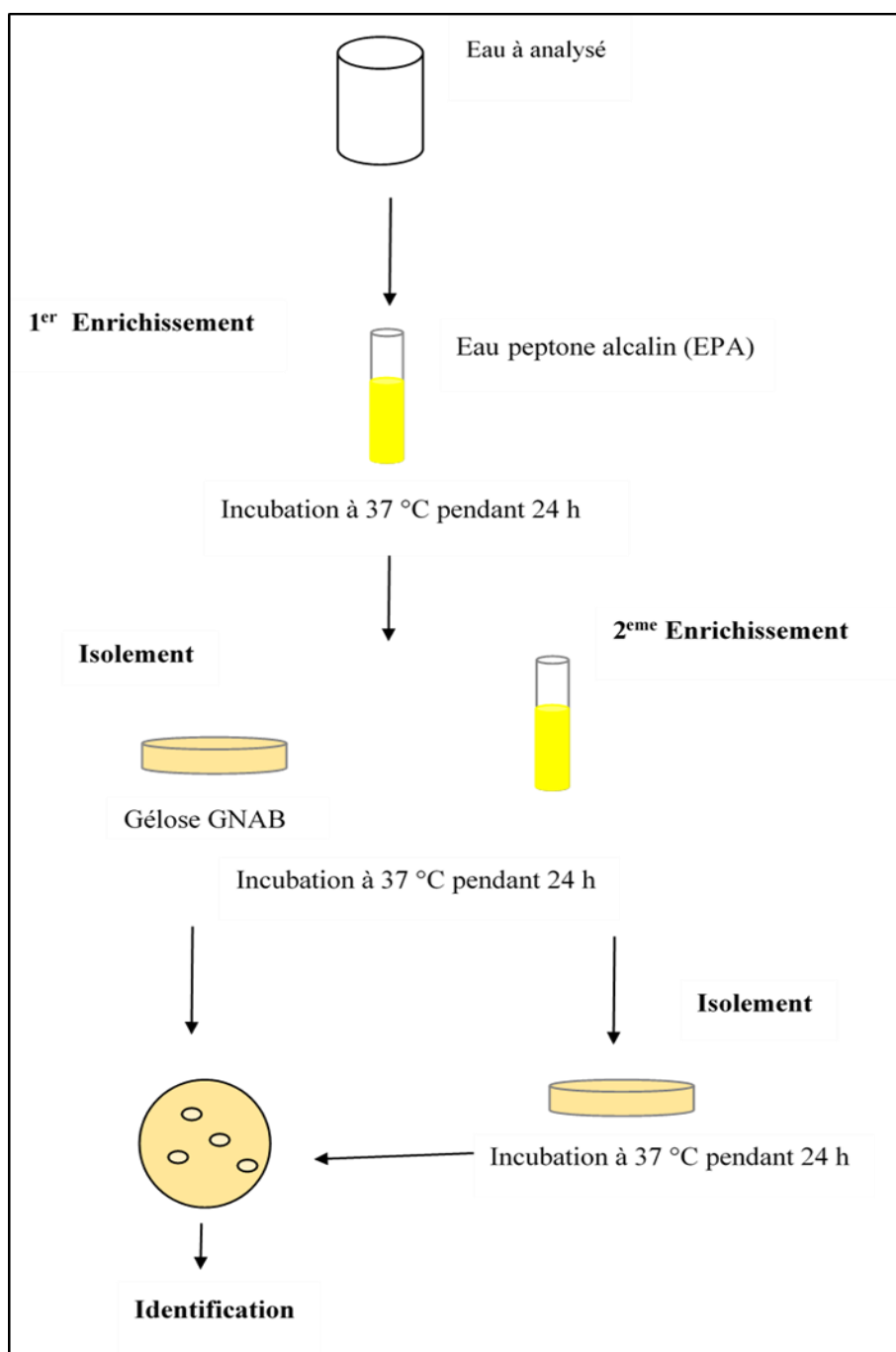


Figure 25 : Protocole opératoire de recherche et identification des *vibrio* dans les eaux

2.3.4. Recherche des Shigelles

Les Shigelles (bactéries du genre *Shigella*), sont des *Enterobactériaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif (**Hadji et Boucceredj, 2020**).

Morphologiquement ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles ; dépourvus de spores et de capsules très proches du *E. Coli* (**Amiri et Boualleg, 2014**).

➤ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 0.1 ml et l'on étale à la surface de gélose Mac Conkey, gélose *Salmonella-Shigella* (gélose SS), et gélose Hektoen, par la méthode des quatre quadrants, puis les incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 18 à 24h (**Meradi, 2015**).

➤ Identification

- Etat frais.
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs) ;
- Ou d'une galerie biochimique API 20 E (**Figure 26**) (**Oughidni et sebti, 2015**).

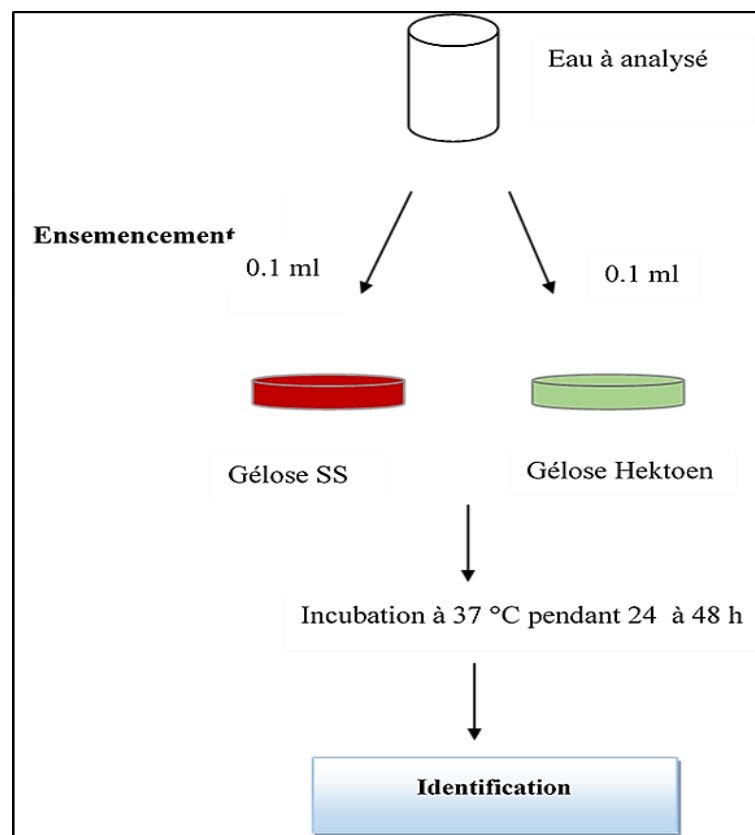


Figure 26: Protocole opératoire de recherche et identification des Shigelles dans les eaux

2.3.5. Recherche des *Pseudomonas aeruginosa*

Le genre *Pseudomonas* de la famille des *Pseudomonaceae* comprend une soixantaine d'espèce pouvant répondre à la définition suivant : bacilles à Gram négative, aérobies stricts, capable de se multiplier sur milieu usuels, incapable de fermenter le glucose (Elbah *et al.*, 2016).

➤ Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement deux gouttes et l'on étale à la surface de gélose type Cétrimide, alors que les colonies de bactéries lactose positives sont bleu ou bleu vert, et se fait des stries par une pipette Pasteur fermé et stérile, puis les incubent à 37 °C pendant 24 à 48 h (Lebres *et al.*, 2008) in (Benkouach et Bouhali, 2021).

➤ Identification

Considérer comme colonie caractéristique toute colonie présentant une fluorescence. Du fait de la sélectivité du milieu Cétrimide, on peut suspecter les colonies présentes d'être *Pseudomonas*. Dans tous les cas, il faudra réaliser une identification d'espèce :

- Coloration de Gram.
- Examen direct entre lame et lamelle (état frais), il permet d'observer la mobilité des germes.
- Oxydase.
- Recherche de la pyocyanine : pigment bleu caractéristique de (*Pseudomonas aeruginosa*) responsable de la teinte bleue intense des milieux de culture : sa production est favorisée sur milieu de King A.
- Recherche de la pyoverdine : présente une teinte vert fluorescent (*P. fluorescens*) est souvent masquée par la pyocyanine, sa production est maximale sur milieu de King B (Figure 27) (Oughidni et Sebti, 2015).

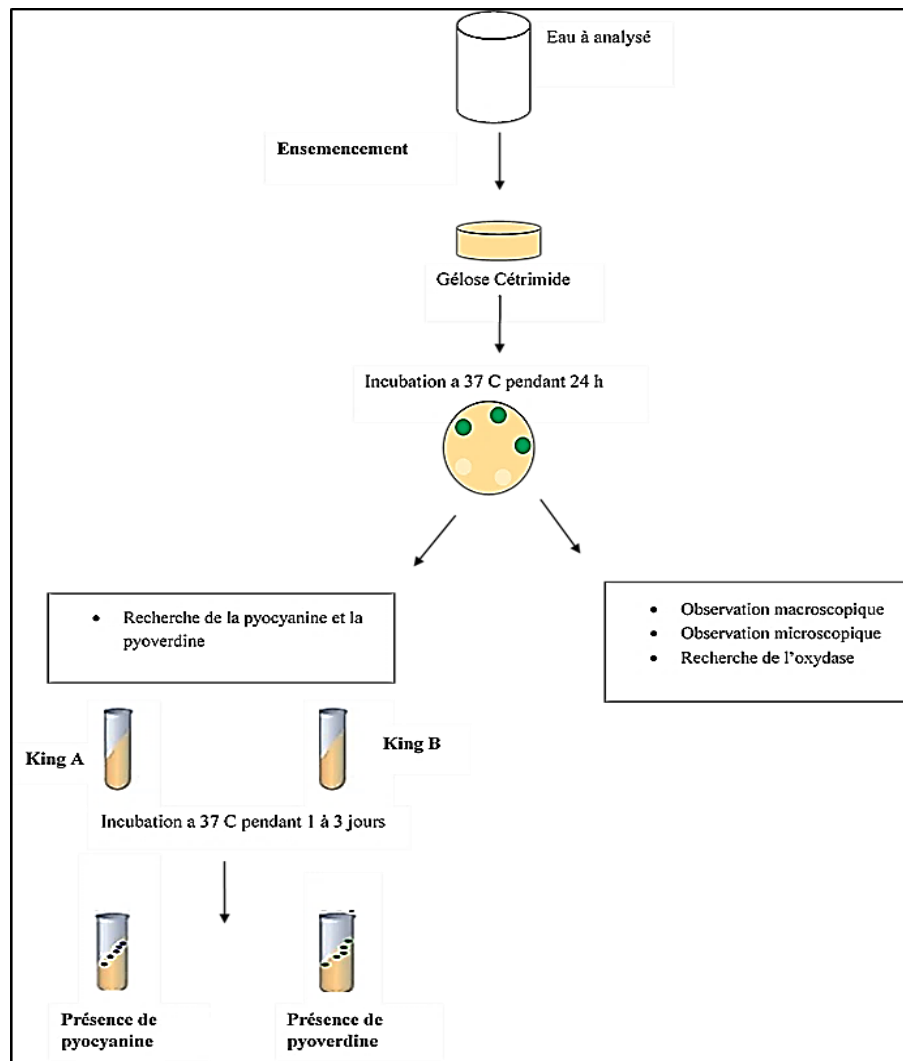


Figure 27: Protocole opératoire de recherche et identification de *Pseudomonas aeruginosa* dans les eaux

2.4. Recherche des levures et moisissures

Les levures sont des champignons unicellulaires capables de se multiplier par multiplication végétative (bourgeonnement) ou par reproduction sexuée, et leurs classifications est très complexe et basée sur des caractères morphologiques (forme Sphérique, ovoïde cylindrique, triangulaire...) (Elbah *et al.*, 2016).

Les moisissures sont des organismes eucaryotes et la plupart sont pluricellulaires, qui se propagent par leurs spores. Ces éléments se développent en filaments appelés hyphes, lesquels, en s'agglomérant, forment le mycélium (Abdellioui *et al.*, 2012).

Les levures et les moisissures pathogènes pour l'homme peuvent être isolées sur le milieu sélectif Sabouraud incliné et additionnée d'un ou plusieurs antibiotiques (chloramphénicol,

gentamicine), pour limiter le développement des autres germes surtout lorsque les prélèvements sont fortement contaminés par des bactéries (**Abdelloui et al., 2012**).

➤ Mode opératoire

Un ml de la solution mère et ses dilutions décimales ($10^{-1} \dots 10^{-5}$) est ensemencé en masse dans la gélose Sabouraud, ou bien 0,1 ml de la dilution choisie ($10^{-1} \dots 10^{-5}$) et ensemencé en surface dans la même gélose puis incubé à 28°C pendant 5 jours. Les colonies des levures et moisissures sont dénombrées séparément, selon la norme (**Anonyme, 1999**) in (**Bennammarm et Bougoufa, 2018**).

➤ Lecture

Pour le dénombrement des colonies, faire la distinction entre les levures et les moisissures selon leur aspect macroscopique :

- Les moisissures sont des colonies toujours pigmentées, à l'aspect velouté plus ou moins renflé.
- Les levures sont des colonies ressemblant à celle des bactéries, peuvent avoir des bords réguliers ou irréguliers, des formes convexes ou plates et sont souvent opaques. Multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution et les résultats sont exprimés en UFC/ml ou UFC/g de produit analysé (loi de KOSS). A partir des dilutions décimales (**Selaimia et Boukerche, 2023**).

➤ Identification

On utilise la méthode d'ensemencement par stries sur gélose coulée dans des boîtes de pétri contenant de la gélose Sabouraud.

- Coloration de bleu de méthylène
 - Déposer une goutte d'eau sur une lame de verre.
 - Prélever une colonie à l'aide d'une pipette Pasteur boutonnée.
 - Dissocier soigneusement l'inoculum dans la goutte d'eau et laisser sécher.
 - La lame est recouverte de bleu de méthylène pendant 10 minutes, puis lavée doucement à l'eau.
- Observation microscopique à immersion (**Figure 28**) (**Allouane et Limane, 2013**).

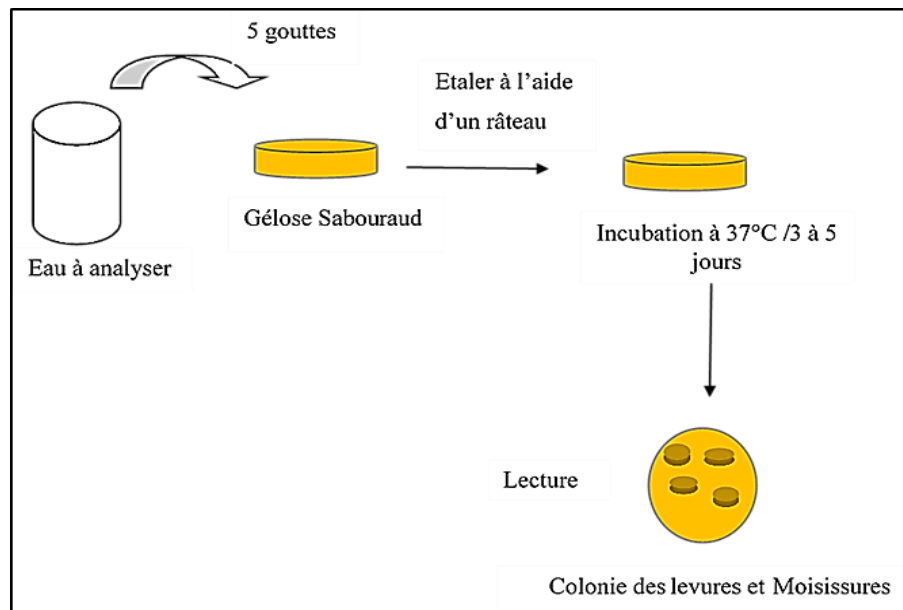


Figure 28: Recherche et dénombrements des levures et moisissures

2.5. Identification des germes

Identification permettent au cours de l'isolement ou non de mettre en évidence une ou plusieurs propriétés biochimiques d'une bactérie pour commencer à l'identifier. Elle repose sur la morphologie, les caractères enzymatiques et biochimiques (**Belli et al., 2021**).

2.5.1. Examen macroscopique des caractères cultureux

C'est l'étude de l'aspect des colonies. Cette étude nécessite l'observation à l'œil nu, en lumière naturelle et artificielle, par éclairage direct et par transparence des colonies (**Kaour et al., 2022**). L'aspect des colonies dépend du milieu utilisé, de la durée et de la température de l'incubation (**Guerbas et al., 2020**).

Ces principaux caractères sont :

- ✓ **Taille :** c'est la mesure du diamètre des colonies à l'aide d'une règle graduée. On peut distinguer : Colonies punctiformes, petites colonies (< 1mm), colonies moyennes (1,5 à 3 mm) et grosses colonies (> 3mm).
- ✓ **Forme de colonie :** à bords circulaires, irrégulières et parfois envahissantes.
- ✓ **Élévation de la colonie :** colonie convexe, colonie légèrement convexe et colonie plate.
- ✓ **Transparence :** Colonies transparentes (laissent passer la lumière et voir les formes au travers, comme le verre), colonies translucides (laissent passer la lumière mais en ne voit pas les formes au travers, comme le verre dépoli) et colonies opaques (ne laissant pas passer la lumière).

- ✓ **Surface** : Colonies lisses, colonies rugueuses et colonies muqueuses.
- ✓ **Consistance** : on distingue les colonies grasses, crémeuses, sèches ou muqueuses.
- ✓ **Odeur** : présence ou absence.
- ✓ **Pigmentation** : Le caractère pigmenté spontané d'une colonie bactérienne doit être distingué du halo coloré périphérique signant le virage d'un indicateur de fermentation sucrée ou la mise en évidence visuelle recherchée d'un quelconque métabolite (Khalfallah *et al.*, 2021).

Pour l'examen macroscopique des champignons, on note surtout :

- ✓ **La vitesse de pousse** : rapide, lente ou très lente ;
- ✓ **La taille** : colonies petites, étendues, envahissantes ;
- ✓ **L'aspect des colonies** : les champignons levuriformes donnent des colonies lisses, glabres, humides, d'aspect brillant ou mat, parfois rugueuses. A l'opposé, les filamenteux ont une texture différente : duveteuse, laineuse, cotonneuse, veloutée, poudreuse ou granuleuse.
- ✓ **Le relief des colonies** : plates, plissées, cérébriformes ...
- ✓ **La couleur recto verso** : colonie blanche, noire, crème ou colorée (verte, brune, orangée, grise, violettes ...).
- ✓ **Pigment** : présence, absence, diffusible ou non (Abdellioui *et al.*, 2012).

Pour examen macroscopique des levures : L'identification repose sur la morphologie des cultures et l'aspect microscopique, la sélection des colonies de levures a été effectuée sur la base des critères suivants :

- ✓ **La taille** : grande, moyenne, petite.
- ✓ **La couleur** : blanche, rose, organe, jaune.
- ✓ **La forme** : plate, bombée, arrondie.
- ✓ **La consistance ou la texture des colonies** : lisse, rugueuse, duveteuse, luisante, épaisse, collante (Chiha et Djanet, 2019).

2.5.2. Examen microscopique bactériologique

Il est basé sur l'observation microscopique qui permet de faire une étude morphologique des cellules d'une espèce microbienne. À partir des colonies suspectes sur les différents milieux gélosés on réalise : **(Khalfoune, 2014)**.

✓ État frais

Le but de l'examen à l'état frais repose sur l'observation microscopique des bactéries vivantes. Cette méthode permet de mettre en évidence : l'existence ou pas de germes, la morphologie des bactéries, la mobilité et le mode d'assemblage **(Hadji et Boucceredj, 2020)**.

L'examen direct proprement dit est réalisé en déposant, sur la lame une goutte du liquide ou de la suspension microbienne à examiner. Cette goutte est recouverte d'une lamelle. Observer au microscope optique à (l'objectif $\times 40$) **(Hadji et Boucceredj, 2020)**.

✓ Coloration de Gram

• Préparation du frottis

- Faire un repiquage des bactéries en milieu liquide ou solide. Recueillir les bactéries des cultures jeunes du dépôt (après centrifugation de la culture liquide) ou directement du milieu solide avec une anse ou un 1 et mélanger dans une goutte d'eau stérilisée.
- Faire un frottis sur une lame en étalant une goutte de la suspension microbienne.
- Laisser sécher le frottis.
- Ensuite, faire la fixation en passant rapidement la lame 3 fois à l'intérieur de la flamme d'un bec Bunsen ou par une technique équivalente.
- Après refroidissement, faire la coloration.

• Coloration

- Verser sur le frottis fixé quelques gouttes de solution de Violet de Gentiane.
- Laisser agir pendant 1 minute et laver avec de l'eau.
- Verser 1 à 2 gouttes de la solution de Lugol.
- Laisser agir pendant 30 secondes.
- Laver avec de l'eau et sécher sur papier filtre.
- Verser l'alcool à 95% vol, laisser agir pendant 30 secondes. Rincer avec de l'eau et sécher sur papier filtre.
- Verser quelques gouttes de solution de fuchsine, laisser agir pendant 30 secondes.
- Laver avec de l'eau et sécher sur papier filtre.

- Déposer sur le frottis coloré une goutte d'huile d'immersion.
- Observer au microscope avec l'objectif à immersion en champs clair (**Belaid et Redjimi, 2013**).

- **Lecture**

Les bactéries colorées en violet ont gardé leur coloration primaire grâce à leur paroi épaisse et pauvre en lipide : Ce sont des bactéries Gram positifs. Les bactéries colorées en rose ont perdu leur première coloration à cause de leur paroi riche en lipide et qui laisse diffuser l'alcool, celui-ci décolore le contenu intracellulaire. Ce sont des bactéries Gram négatifs (**Henni et al., 2022**).

2.5.3. Identification biochimiques (galerie API)

L'identification initiale des bactéries via des méthodes telles que la coloration de Gram ou des milieux de culture sélectifs ou différentiels est essentielle avant de choisir la galerie API appropriée.

Galerie API (analytical profile index) est une galerie miniaturisée et standardisée de tests biochimiques, exploitable avec des bases de données d'identification complètes, dont la plus connue est l'**API 20 E** (20 caractères pour les entérobactéries) [12].

✓ La galerie API 20

La galerie API 20 est un système pour l'identification des bactéries, utilisant 20 tests biochimiques miniaturisés, prêt à l'emploi et standardisé. En effet, cette galerie comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés. Au-dessous de chaque tube, un sigle indique la nature du test. Les tubes sontensemencés avec une suspension bactérienne effectuée en eau physiologique (milieu Suspension Medium). Les réactions produites au cours de la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. Un fond et un couvercle complètent la galerie et permettent de constituer une boîte d'incubation.

✓ Préparation d'une galerie API

- Mettre de l'eau distillée sur le fond de la boîte (partie alvéolée), toutes les alvéoles doivent être remplies, éliminer l'excès d'eau en renversant la boîte au-dessus de l'évier.
- Placer la galerie sur le fond de la boîte elle doit être manipulée avec la pince.
- Inscrire nom, référence souche, date et température d'incubation sur la languette latérale de la boîte ;

- Pour la préparation de l'inoculum, ouvrir une ampoule de Suspension Medium (ou un tube d'eau distillée stérile) ;
- Prélever une seule colonie bien isolée sur milieu gélosé ;
- Réaliser une suspension bactérienne faible.
- Inoculation de la galerie : remplir la galerie de suspension en évitant les billes d'air.
- Après incubation, lire les réactions en appliquant le tableau de lecture **(Annexe 4) (Maalem et al., 2018)**.

Sur la fiche de résultats, les tests sont séparés par groupe de trois (chaque groupe de trois tests est séparé du groupe voisin par un trait vertical). Chaque test donnant une réaction négative prend la valeur 0.

Lorsqu'un test est positif, il prend les valeurs 1, 2 ou 4 selon sa position au sein d'un groupe de trois : si le premier test d'un groupe de trois est positif il est noté 1, si le deuxième test est positif il est noté 2 et si le dernier test d'un groupe de trois est positif il est noté 4. Pour chaque groupe de trois, additionner les chiffres correspondants. On obtient un nombre à sept chiffres qui constitue le profil numérique de la souche étudiée. La recherche du profil numérique dans le "Catalogue analytique" commercialisé par le fabricant permet d'identifier la bactérie **(Maalem et al., 2018)**.

- **API 20 E**

API 20 E est un système standardisé (Bio Mérieux) permet l'identification des entérobactéries et autres bacilles à gram négatif, comprenant 21 tests biochimiques miniaturisés, comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés **(Tekaya, 2015)**.

- **API 20 NE**

API 20 N est un système standardisé pour l'identification des bacilles gram négatif non entérobactéries et non fastidieux. La galerie comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés **(Tekaya, 2015)**.

- **API Staph**

Api Staph est un système standardisé pour l'identification des genres *Staphylococcus*, *Micrococcus* et *Kocuria* **(Hadji et Boucceredj, 2020)**.

✓ **Caractères enzymatiques**

• **Test de catalase**

C'est une enzyme qui décompose l'eau oxygénée en eau et en oxygène gazeux. La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée. Le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme (**Figure 29**) (**Bezzazi et Miloudi, 2017**).

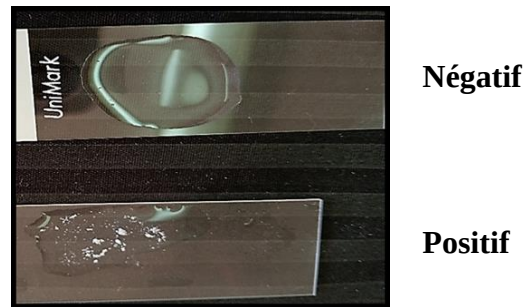


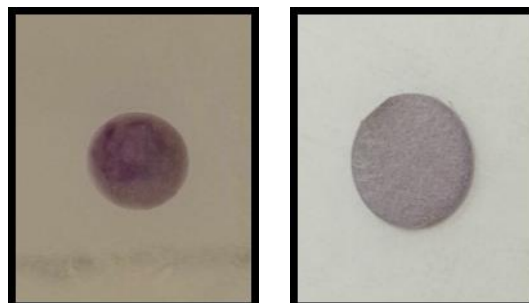
Figure 29 : L'enzyme catalase (Prise personnelle par Zeddouri, 2024)

• **Test d'oxydase**

L'oxydase ou cytochrome oxydase est une enzyme présente dans certaines chaînes respiratoires cytochromiques bactériennes. Le principe de ce test est fondé sur la production bactérienne d'une enzyme oxydase intracellulaire (**Maalem et al., 2018**).

Le disque d'oxydase est placé sur une lame puis mettre une goutte d'eau distillée stérile.

Une quantité suffisante de culture est déposée sur le disque en écrasant la colonie sur ce disque. Apparition d'une couleur violacé instantané voir 2 min considère comme oxydase positif (**Figure 30**) (**Kherchiche et Bouzidi, 2013**).



Positif

Négatif

Figure 30: L'enzyme oxydase (Prise personnelle par Zeddouri, 2024)

- **Test coagulase**

Ce test a pour but de mettre en évidence la pathogénicité d'un staphylocoque. Elle se détecte (par le test en tube) par sa capacité à coaguler (s'est-il dire former un caillot) du plasma contenant un anticoagulant comme le citrate, l'oxalate ou l'héparine. L'anticoagulant est nécessaire parce que, sans lui, le plasma coagulerait spontanément (**Allouane et Limane, 2013**).

➤ **Technique**

Dans un tube à hémolyse stérile, introduire 0,5 ml de plasma oxalate + 0,5 ml d'une culture de 18 h en bouillon nutritif de la souche à étudier, dans un autre tube à hémolyse stérile introduire 0.5 ml d'une même culture comme témoin. Placer le mélange et le tube témoin à 37°C. Les lectures doivent être effectuées toutes les heures au moins pendant les cinq premières heures.

➤ **Lecteur**

- Coagulation du plasma => Coagulase (+) => *Staphylococcus aureus*.
- Pas de coagulation du plasma => Coagulase (-) (**Figure 31**) (**Bouguerra et Laouie, 2019**).

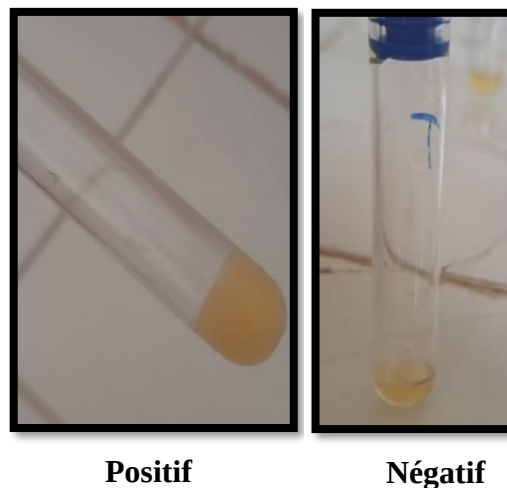


Figure 31: L'enzyme coagulase (**Prise personnelle par Zeddouri, 2024**)

✓ **Gélose TSI (Triple Sugar Iron)**

Le milieu Triple Sugar Iron (TSI) est utilisé pour l'identification rapide des Entérobactéries, permet de mettre en évidence la fermentation de saccharose, de glucose (avec

ou sans production de gaz) et plus précisément du lactose ainsi que la production d'Hydrogène Sulfureux (H_2S) (**Sayad, 2008**) in (**Hadji et Boucceredj, 2020**).

La gélose TSI permet l'identification des Entérobactéries. C'est un milieu différentiel qui permet la mise en évidence de la fermentation du glucose, lactose et/ou saccharose, ainsi que la production de gaz et du H_2S (**Barika et Boussaidi, 2019**).

➤ Technique

- Prendre quelques gouttes de la suspension bactérienne à l'aide d'une pipette pasteur ou d'une anse en platine.
- Ensemencer à la surface inclinée par des stries serrées et le culot par piqûre centrale.
- Incuber à 37°C pendant 24 heures (**Barika et Boussaidi, 2019**).
- Le but de ce test est de mettre en évidence cinq caractères :
 - Fermentation du Glucose, Lactose et Saccharose.
 - Production de Gaz.
 - Production d'hydrogène sulfureux (H_2S) (**Amiri et Boualleg, 2014**).

2.6. Antibiogramme

Les antibiogrammes permettent de déterminer la sensibilité d'un micro-organisme en mettant en présence une concentration standard du germe et des concentrations spécifiques d'antibiotiques. Les antibiogrammes peuvent être effectués dans le cas des bactéries, des champignons et des virus [13].

➤ Principe

C'est un test de sensibilité qui permet d'étudier la sensibilité ou la résistance d'une ou de plusieurs souches à un ou plusieurs ATB donnés. Le principe de ce test consiste à utiliser des disques en papier buvard imprégnés d'une concentration fixe d'ATB.

➤ Méthode

Le Milieu Muller Hinton qui est utilisé pour l'antibiogramme doit être coulé dans des boîtes de pétri sur une épaisseur de 4 mm Les géloses doivent être séchées avant l'emploi.

- A partir d'une culture pure de 18 à 24 heures sur milieu d'isolement approprié, racler à l'aide d'une anse en platine quelques colonies bactériennes.

- Décharger l'anse dans 5 à 10 ml d'eau physiologique stérile à 0.9%, bien homogénéiser la suspension bactérienne. Sa capacité doit être équivalente à 0,5 MF (**Mac farland**).
- Tremper un écouvillon stérile dans l'inoculum puis l'essorer en le tournant contre la paroi interne du tube afin de décharger au maximum.
- Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée (milieu Muller Hinton), séché de haut en bas, en stries serrées. Répéter l'opération 2 fois, en tournant la boîte de 60° à chaque fois, sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même.
- Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur le périphérique de la gélose.
- Déposer les disques d'antibiotiques sur la boîte de pétrie (Il est préférable de ne pas mettre plus de 6 disques sur une boîte de 90 mm).
- Presser chaque disque d'ATB à l'aide de pince bactériologique stérile et ne pas déplacer les disques après leur application. Puis incuber les boîtes à 35°C pendant 24-48 heures.
- Après cette incubation, mesurer avec précision les diamètres des zones d'inhibition. Pour les bactéries testées sur Muller-Hinton simple, les mesures seront prises en procédant par transparence à travers le fond de la boîte de pétri fermée.
- Pour les bactéries testées sur Muller- Hinton au sang, les mesures des diamètres de zones d'inhibition seront prises avec des boîtes de pétri ouvertes et bien éclairées.
- Comparer les résultats obtenus, aux valeurs critiques dans la table de lecture correspondantes. Les bactéries sont classées dans l'une des 3 catégories suivantes : S/Sensible, R/Résistante, I/Intermédiaire (CLSI, 2011) in (**Barika et Boussaidi, 2019**).

Chapitre IV :
Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau d'Oued Saf-Saf sont rassemblés dans les tableaux (voir Annexe 5).

1.2. Paramètres physico-chimiques

1.2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH des écosystèmes aquatiques est utilisé comme paramètre substitut pour représenter les relations complexes entre la chimie de l'eau et les effets biologiques. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau (Oughidni et Sebti, 2015).

C'est l'un des paramètres les plus importants pour l'évaluation de la qualité d'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (Lebbihi et Derki, 2018) (Figure 32). Les résultats de mesure de pH de l'eau sont résumés ci-dessous :

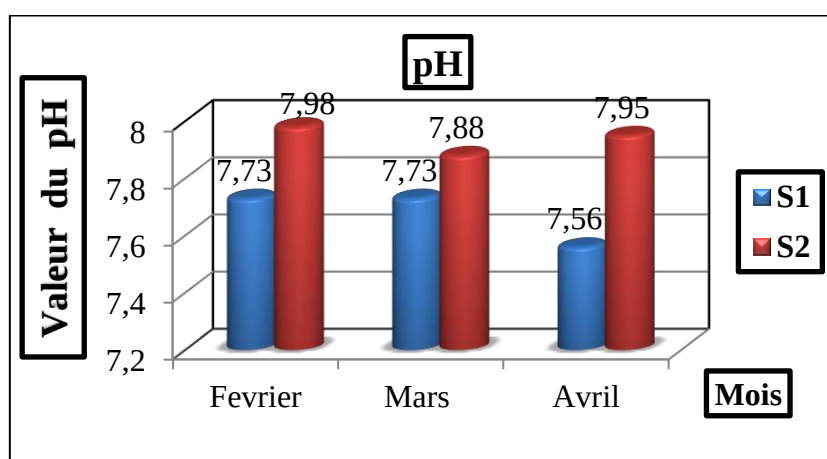


Figure 32: Variations de pH de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024)

En ce qui concerne le pH, la valeur maximale qui a été enregistrée au niveau de la station 1 est de **7,73** pendant les mois de Février et Mars, avec une valeur minimale de **7,56** durant le mois d'Avril, tandis qu'est mesurée la valeur maximale au niveau de la station 2 est de **7,98** pendant le mois de Février, avec un pH minimal de **7,88** durant le mois de Mars.

Selon la grille de classification des eaux d'Oued Saf-Saf, la qualité d'eau est très bonne (< 8) (Annexe 6).

Selon l'OMS (2004), le pH d'une eau superficielle doit être compris entre 6,5 et 8,5. La légère alcalinité pourrait être expliquée par l'activité biologique au sein de l'Oued, par la nature des sols traversés et/ou par l'apport des eaux des rejets.

Ces valeurs sont compatibles avec celles rapportées par (Hallaci *et al.*, 2019), avec un $\text{pH} < 8$ (très bonne) et (Berkani *et al.*, 2019) avec un pH de 6,5 à 8,5 (bonne).

Cette gamme de pH favorise la croissance des microorganismes. Cette légère alcalinité des eaux des trois sites peut être rapportée essentiellement à la nature chimique des effluents rejetés dans l'Oued (Chekirou *et al.*, 2017).

1.2.2. La Température

La température de l'eau est un paramètre important pour la vie aquatique. En effet, la majorité des paramètres physico-chimiques et biochimiques sont dépendent de la température (Figure 33) (Chibani, 2009). Les résultats de mesure de la température de l'eau sont résumés ci-dessous :

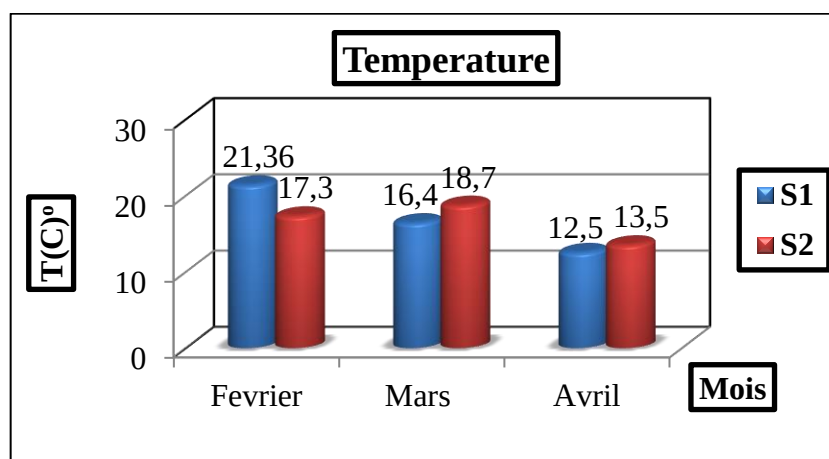


Figure 33: Variations de la température de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024)

D'après les résultats présentés dans la **figure 33**, nous observons que la valeur maximale de **21,36 °C** a été enregistrée dans la station 1 pendant le mois de Février, la température minimale de **12,5 °C** durant le mois d'Avril. Pour la station 2, la valeur maximale est de **18,7°C** durant le mois de Mars et une valeur minimale de **13,5 °C** pendant le mois d'Avril.

D'après la grille de classification de la qualité de l'eau selon la température, notre eau est considérée comme de qualité normale ($< 20\text{ °C}$) (**Annexe 7**).

D'après **Dib 2009**, D'une façon générale, la température des eaux est influencée essentiellement par les variations climatiques.

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'augmentation de la température à la station 2 par rapport à la station 1 pendant les trois mois, tels que l'heure à laquelle les mesures ont été prises et le climat. Cependant, le facteur le plus important est la température des rejets des eaux usées (rejets industriels). Et cela confirmé par (**Bouteldja et al., 2016**).

1.2.3. La Conductivité électrique

Une conductivité électrique élevée est synonyme de pollution de l'eau. Elle permet d'avoir une idée sur la qualité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée (**Rodier et al., 2009**).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre (**Figure 34**) (**Hedahdia et Aliouche, 2016**). Les résultats de mesure de la conductivité de l'eau sont résumés ci-dessous :

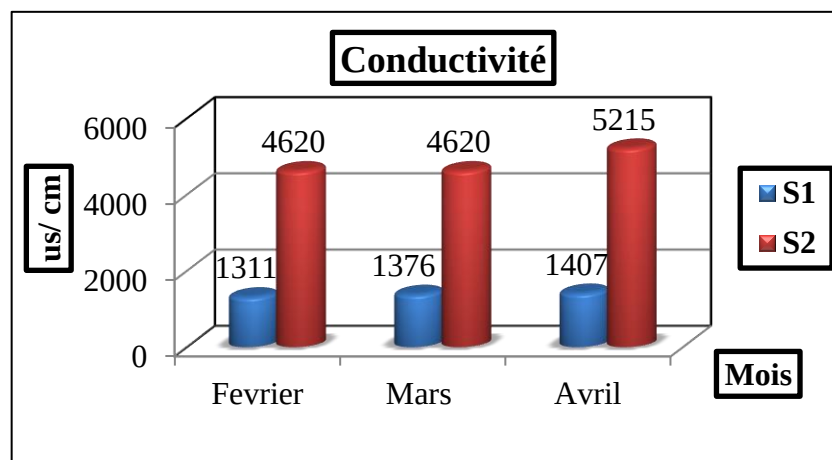


Figure 34: Variations de La conductivité électrique l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024)

La conductivité enregistrée dans cette étude montre des variations importantes dans les eaux des stations analysées. Elle est comprise entre **1407 $\mu\text{S/cm}$** dans la station 1 (valeur maximale) pendant le mois d'Avril et **1311 $\mu\text{S/cm}$** (valeur minimale) pendant le mois de février. Par contre, la plus forte conductivité de **5215 $\mu\text{S/cm}$** a été enregistrée dans la station 2 pendant le mois d'Avril, la plus faible valeur de **4620 $\mu\text{S/cm}$** pendant les mois de Février et Mars.

Ceci est dû à l'augmentation de la température qui entraîne l'évaporation de l'eau et donc l'augmentation de la salinité de l'eau.

À la base **d'Annexe 8** qui représente la qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique, nous pouvons déterminer la qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf à travers les valeurs de conductivité des trois prélèvements, donc nous avons conclu que la qualité de l'eau est passable (750 -1500 uS/cm) pour la station 1 et médiocre (1500 - 3000 uS/cm) dans la station 2.

Selon **(Hallaci et al., 2019)**. Ils ont trouvé que la conductivité maximale de 1508 uS/cm et une valeur minimale de 41,5 uS/cm indique que la qualité de l'eau est bonne ($< 400 \mu\text{S/cm}$) à passable (750 – 1500 $\mu\text{S/cm}$).

D'après **Rodier (1984)**, les valeurs supérieures à 1000 $\mu\text{S/cm}$ indiquent une très forte charge d'éléments minéraux.

L'augmentation significative des valeurs CE dans la zone d'étude peut être due au rejet d'eaux usées domestiques et industrielles, qui transportent une grande quantité de minéraux conducteurs dissous dans les plans d'eau **(Amrai et Boudissa, 2023)**.

1.2.4. Oxygène dissous

L'oxygène est un élément indispensable pour la vie des microorganismes. Il favorise les réactions chimiques qui fournissent de l'énergie. L'eau contient toujours de l'oxygène dissous. Les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes par contre les eaux profondes ne contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre **(Figure 35) (Chibani, 2009)**. Les résultats de mesure de l'oxygène dissous de l'eau sont résumés ci-dessous :

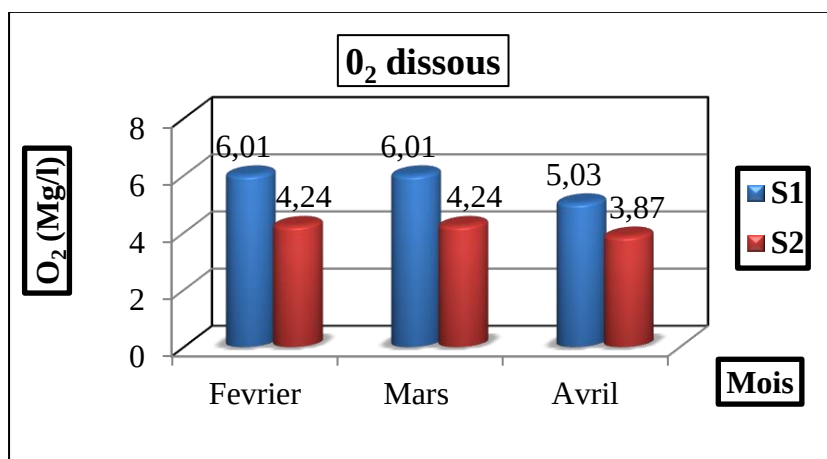


Figure 35 : Variations de l'oxygène dissous de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024)

L'oxygène dissous enregistré pendant la période d'étude est représenté dans la figure qui suit. La valeur maximale est obtenue durant les mois de Février et Mars dans la station 1 **(6,01**

mg/l) et la valeur minimale est enregistrée pendant le mois d'Avril (**5,03 mg/l**). Pour la station 2, la valeur maximale est de **4,24 mg/l** durant les mois de Février et Mars et une valeur minimale de **3,87 mg/l** pendant le mois d'Avril.

D'après les résultats des variations de l'oxygène dissous dans l'eau d'Oued Saf-Saf, nous avons constaté que : la qualité de l'eau est moyenne (**Annexe 9**), contrairement aux résultats de (**Hallaci et al., 2019**) qui ont constaté que la qualité de l'eau était médiocre ($< 3 \text{ mg/L}$).

Les variations de l'oxygène dissous ont une relation inverse avec la température (**Chekirou et al., 2017**).

Ces variations probablement liées aux échanges entre l'atmosphère et la Surface de l'eau, la température, salinité...etc. (**Boutebba et al., 2022**).

1.2.5. Turbidité

C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux (**Amrai et Boudissa, 2023**).

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (**Lebbihi et Derki, 2018**). Les résultats de la turbidité des eaux sont présentés sur la **figure 36** ci-dessous :

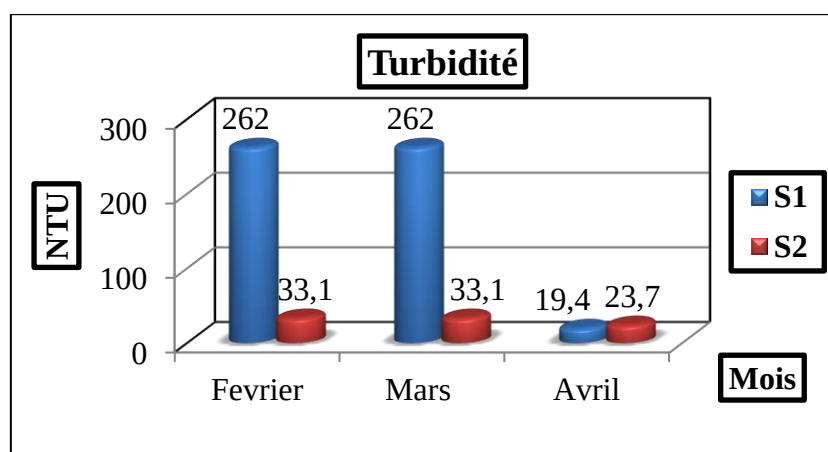


Figure 36 : Variations de la turbidité de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars -Avril 2024)

On a observé que la valeur maximale au niveau de la station 1 pendant les mois de Février et Mars est égale à **262 NTU** et la valeur minimale enregistrée est **19,2 NTU** pendant le mois

d'Avril, tandis qu'au niveau de la station 2 sont enregistrées **33,1 NTU** (valeur maximale) pendant les mois de Février et Mars et **23,7 NTU** (valeur minimale) durant le mois d'Avril.

Selon la grille d'appréciation de la qualité d'eau, la qualité de l'eau d'Oued Saf-Saf de la station 2 est trouble et au niveau de la station 1 est eau légèrement trouble (**Annexe 10**).

Certaines conditions météorologiques peuvent modifier la turbidité de l'eau, comme les hautes chaleurs en été et la pluviométrie, qui sont des facteurs qui augmentent la turbidité (**Boucherit et Hakimi, 2016**).

1.3. Paramètres indésirables

1.3.1. La Salinité

La salinité est une mesure qui exprime la masse de sels dissous que contient une eau. Le lessivage intense des sols se traduit par une augmentation de la salinité (**Figure 37**) (**Hallaci et al., 2019**). Les résultats de mesure de la salinité de l'eau sont résumés ci-dessous :

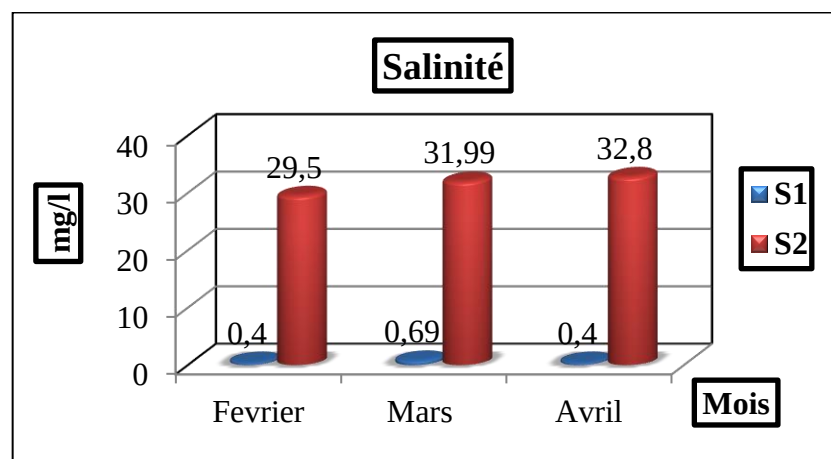


Figure 37: Variations de la Salinité de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024)

Les variations de la salinité d'eau de l'Oued Saf-Saf entre les 2 stations est très élevée. Les valeurs de la salinité enregistrées lors de la station 1 varient entre **0,4 à 0,69 mg/L** pendant les trois mois. Pour la station 2, elles varient entre **29,5 à 32,8 mg/L** pendant les mois de Février et Avril successivement.

Selon la grille de classification des eaux d'Oued (**Annexe 11**), la qualité d'eau est le S1 varié entre (0.4 à 0.69 mg/L) qui indique est eaux douces. Par contre le S2 varié entre (29,5 à 32,8 mg/L) qui indique est eaux salées.

Les fortes valeurs de la salinité dans les eaux de la station 2 peuvent être dues aux conditions climatiques.

L'élévation de la salinité dans les eaux de la zone d'étude peut être attribuée vraisemblablement aux conditions climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques, ainsi qu'aux rejets domestiques et industriels (El morhit, 2009).

2. Résultats des analyses microbiologiques

Dans les milieux aquatiques, les micro-organismes tel que les bactéries, les moisissures, jouent un rôle important dans l'évolution de la qualité de l'eau. En dehors de toutes agressions, leur nombre est naturellement faible, mais peut être modifié sous l'influence de plusieurs facteurs tels que la température, l'enrichissement du milieu en substances nutritives...etc. (Merzoug, 2009). Les résultats des analyses microbiologiques sont présentés dans le tableau (Annexe 12).

2.1. Dénombrement des germes totaux à 37 °C

Bien que la présence de bactéries revivifiables en grande quantité n'ait aucune valeur indicative, leur dénombrement doit être régulièrement effectué car une évolution importante, peut être représentative d'un apport contaminant (matière organique par exemple) (Figure 38) (Oughidni et Sebti, 2015).

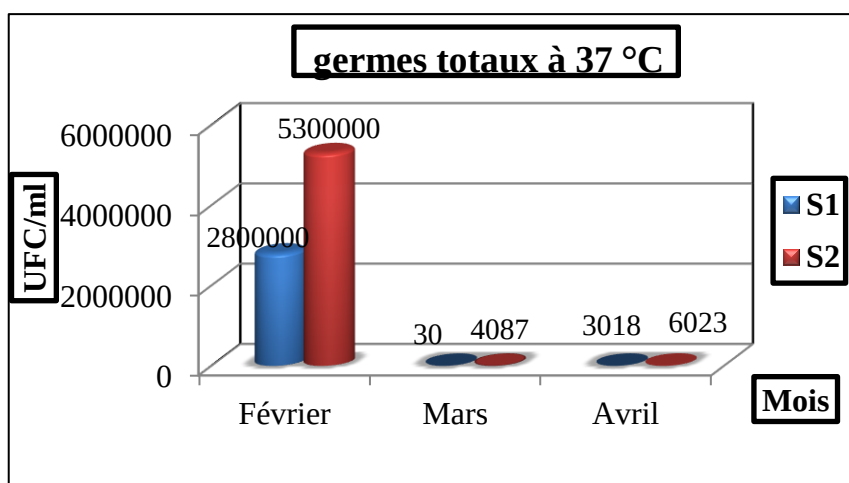


Figure 38: Estimation des germes totaux à 37°C de l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024)

Pour les germes totaux à 37 °C, on a observé que la valeur maximale est 28×10^5 UFC/ml pendant le mois de Février et qu'une valeur minimale est 30 UFC/ml pendant les mois de Mars

et Avril. Tandis qu'au niveau de la station 2, ont été enregistrées pendant le mois de Février une valeur élevée à 53×10^5 UFC/ml, avec la valeur minimale pendant les deux mois de Mars et Avril.

Une des résultats de dénombrement des germes totaux à 37 °C sont similaires avec nos résultats obtenus pendant le mois de Février et complètement différents, l'autre deux mois de Mars et d'Avril indique que l'Oued Saf-Saf est pollué à forte quantité par les rejets et les déchets industriels (Mahboubi et al., 2019).

Les résultats de la recherche des germes revivifiables ont été calculés après avoir des gonflements sur les boîtes ensemencées et cultivées à des températures à 37°C ; ce qui confirme la présence des germes au niveau des stations étudiées. Ce qui nous indique que l'Oued Saf-Saf est pollué avec les rejets directs, que ce soit par les déchets industriels ou par les eaux usées domestiques.

Les bactéries revivifiables ne sont pas forcément d'origine fécale mais ont également une origine environnementale. Elles fournissent quelques informations ; comme la prolifération de la flore dans une eau riche en matière organique. Ces bactéries se développent principalement à des températures basses (Rodier et al., 2009).

2.2. Résultats et dénombrement des germes de contamination fécale

2.2.1. Dénombrement des Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (Figure 39) (Benabassa et Merzoug, 2018).

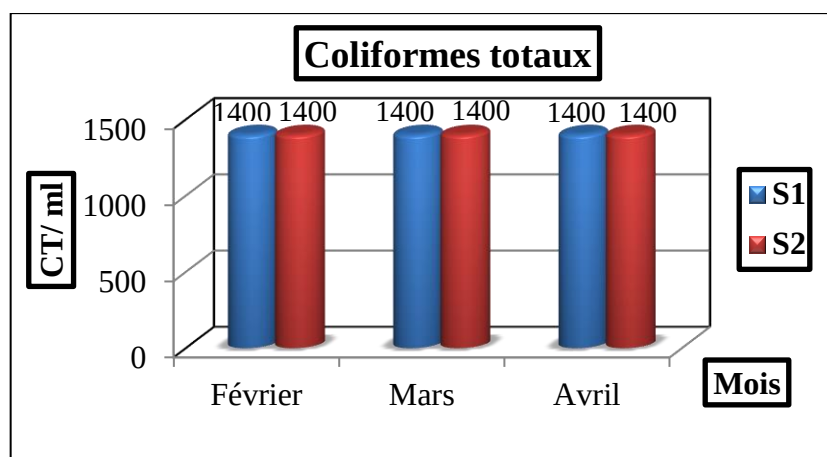


Figure 39: Estimation des coliformes totaux dans l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars - Avril 2024)

D'après les résultats de dénombrement des coliformes totaux dans la **figure 39**, on a observé que le nombre des CT est très élevée dans les deux stations pendant les trois mois (les mêmes valeurs) à 14×10^2 CT/ml. Ce qui suggère une contamination fécale (**Figure 40**).

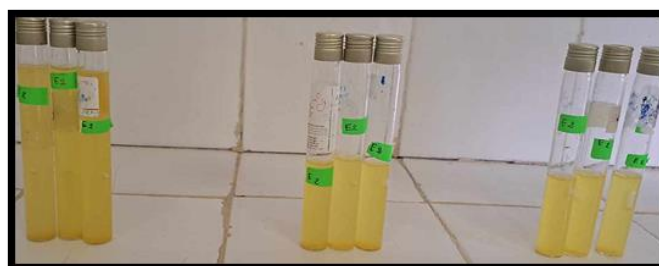


Figure 40 : Dénombrement des coliformes totaux par la méthode de NPP

L'eau de l'Oued Saf-Saf est très riche en coliformes totaux durant toute la période d'étude, et aussi les résultats de (**Hallaci et al., 2019**), cette augmentation peut être indiquée par la présence des eaux usées domestiques et par la présence des rejets industriels.

Bien que la présence des coliformes témoigne habituellement d'une contamination fécale, plusieurs coliformes ne sont pas d'origine fécale ; ils proviennent plutôt des eaux enrichies en matières organiques (flore naturelle des eaux et des sols). L'intérêt de la détection de ces germes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur suivie dans l'environnement est généralement équivalent à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produit par les matières fécales (**Chibani, 2009**).

2.2.2. Dénombrement des Coliformes fécaux

La présence des coliformes fécaux (thermo tolérants) signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (Chibani, 2009).

Pour le nombre des germes coliformes fécaux est un indice complémentaire confirmatif de la présence d'*Escherichia coli* parmi les coliformes dénombrés précédemment (Figure 41) (Chekirou et al., 2017).

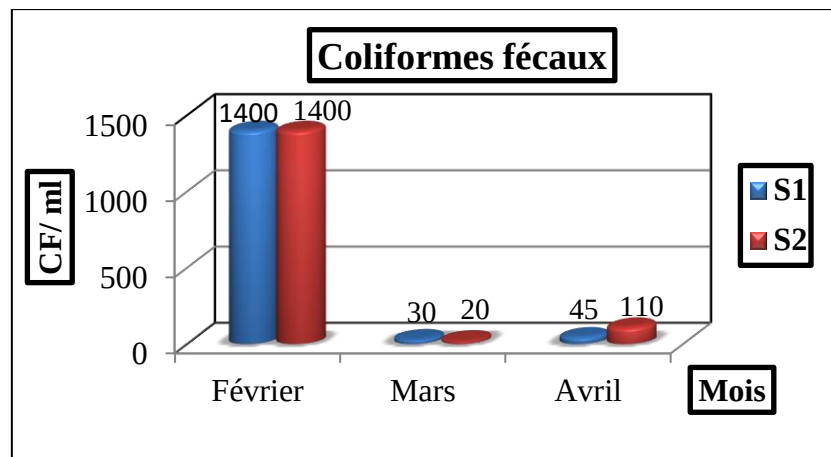


Figure 41: Estimation des coliformes fécaux dans l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février- Mars- Avril 2024)

D'après le graphique d'évaluation du nombre des coliformes fécaux, on observe que la valeur maximale est de 14×10^2 CF/ml notée dans les deux stations pendant le mois de Février, une valeur minimale au niveau de la station 1 pendant le mois de Mars est 30 CF/ml. Tandis la valeur la plus basse qu'au niveau de la station 2, c'est 20 CF/ml durant le mois Mars

La présence des coliformes fécaux (*Escherichia coli*) dans l'eau met en évidence une pollution d'origine fécale, humaine ou animale (Hocine et al., 2022).

La présence des coliformes thermo tolérants indique une présence d'une contamination fécale de l'eau. Cela peut être dû aux eaux usées déversées dans les eaux de cet Oued, aux rejets domestiques et industriels (Figure 42) (Amrai et Boudissa, 2023).



Figure 42: Dénombrement des coliformes fécaux

2.2.3. Dénombrement des Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des excellents indicateurs de contamination récente par la matière fécale des animaux (**Kaour et al., 2022**). Les résultats de dénombrement de ces derniers sont présentés dans la **figure 43** :

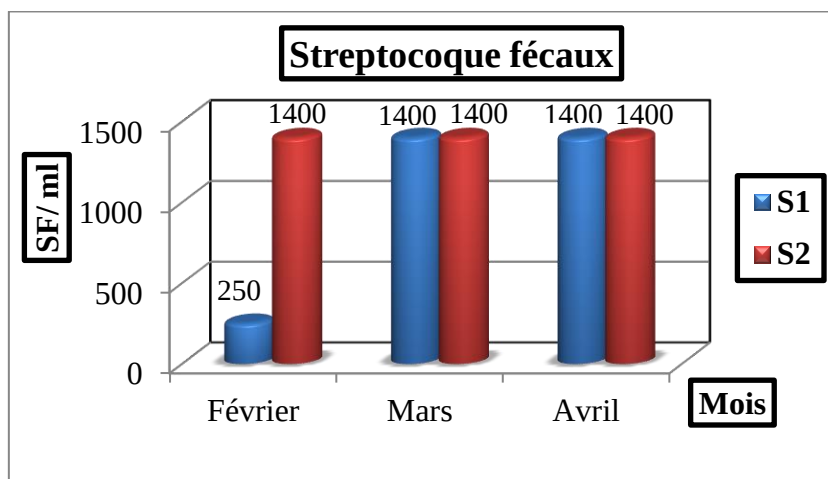


Figure 43: Estimation des streptocoques fécaux/ml dans l'eau de l'Oued Saf-Saf (Février-Mars - Avril 2024)

Notre étude a montré que les valeurs les plus élevées observées dans les deux stations sont **14 SF/ml** durant les deux mois Mars et Avril. Par contre la valeur minimale est **250 SF/ml** enregistré pendant le mois de Février dans la station 1.

Dans d'autre étude, ont observé une concentration élevée de **23 SF/ml** enregistrée en Avril à la station 2, tandis qu'une concentration basse de **3 SF/ml** a été relevée pour les deux stations au cours du mois de Mars (**Berkani et al., 2019**).

D'après l'OMS, les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries de ce groupe proviennent également de fèces animales ou se rencontrent même sur les végétaux.

Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils soient résistants (**Figure 44**) (**Meradi, 2015**).



Figure 44: Test confirmatif à 44°C confirme la présence d'*E. Coli*

2.2.4. Dénombrement des Anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

Les anaérobies sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des indices de contamination. La forme sporante beaucoup plus résistante que les formes exclusivement végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettraient ainsi de détecter une pollution fécale ancienne, bien que l'on puisse pas être toujours le cas, car les clostridies sulfito-réductrices ont une origine tellurique (**Hedahdia et Aliouche, 2016**).

Les résultats de dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont résumés dans le tableau et les figures ci-dessous :

Tableau 6: Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR/20 ml)

	Station 1	Station 2
Février	Absence	Absence
Mars	8	26
Avril	4	5

À partir des résultats de dénombrement des ASR dans le **Tab 6**, nous observons que tous les résultats sont positifs des deux mois Mars et Avril, par contre une absence totale de ces bactéries a été marquée durant le 1^{er} prélèvement.

Les spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) constituent généralement des indices de contamination ancienne (**Bouteldja et al., 2016**).

Elles sont responsables des maladies graves telles que le botulisme et le tétanos ; c'est pour cette raison que la recherche de ces derniers est essentielle dans le cadre de la détermination qualitative de l'eau (**Figure 45**) (**Belli et al., 2021**).

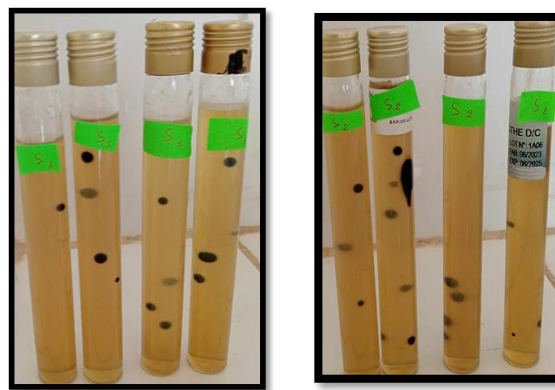


Photo des ASR à la
station 1

Photo des ASR à la
station 2

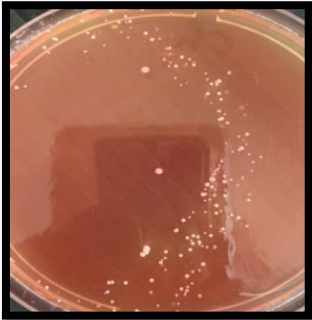
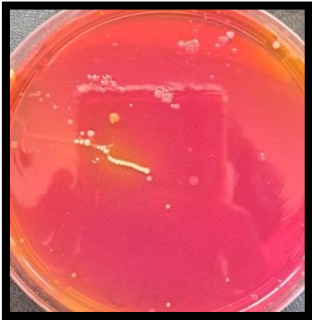
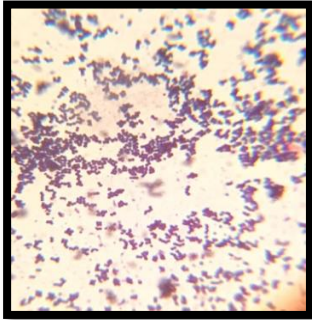
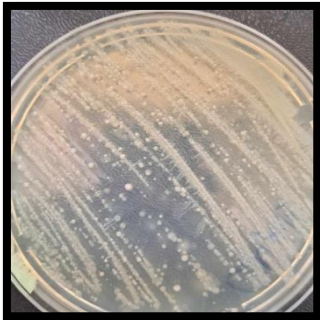
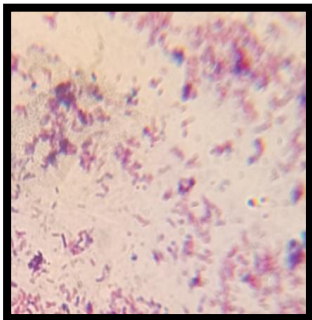
Figure 45: Résultats des ASR trouvés dans l'eau de la retenue

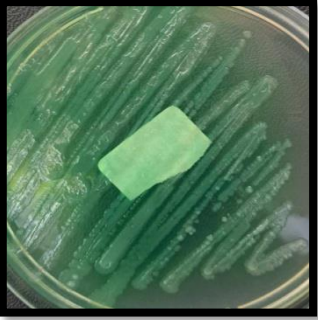
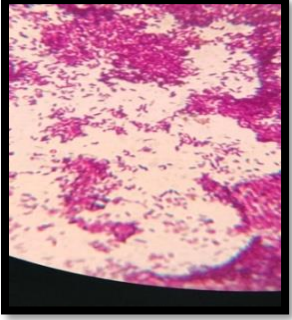
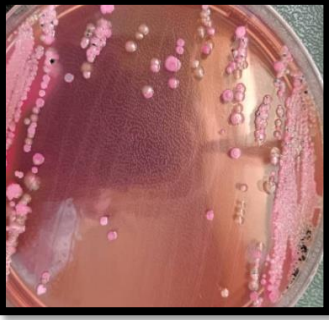
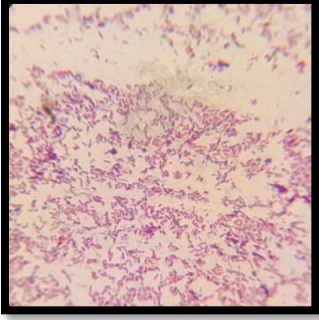
2.3. Recherche et identification des germes pathogènes

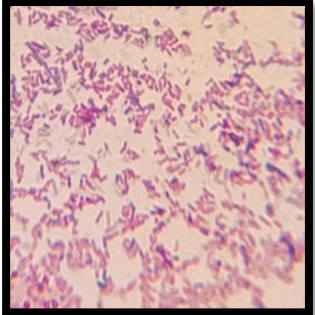
2.3.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram de différents germes isolés

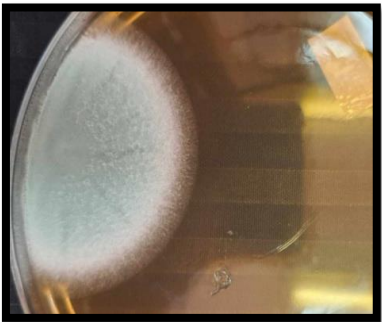
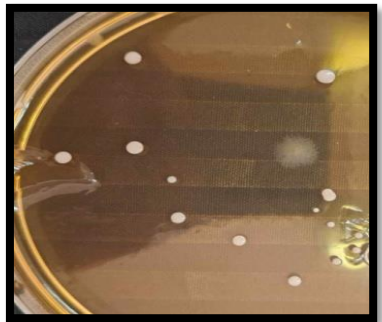
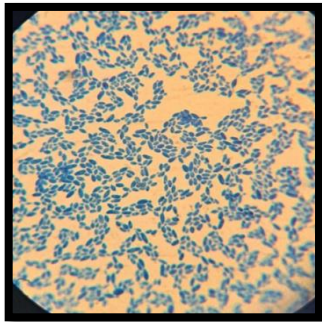
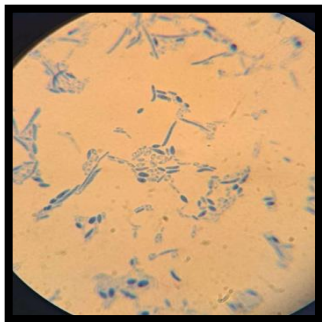
Les résultats des aspects macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées sont résumés dans le **Tab 7** et illustrés dans les figures suivantes :

Tableau 7: Aspect macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées à partir de nos prélèvements.

Milieux de culture	Observation Macroscopique	Observation microscopique
Gélose Chapman  	➤ En amont -Colonies blanchâtres, petites, rondes, lisses, contours réguliers, isolé, bombées, avec dégagement d'odeur et virage de couleur. ➤ En aval -Colonies jaunâtres doré, grands, petites et moyennes, rondes, isolé, bombées, lisses, contours réguliers, plate. -Colonies jaune petites, bombées	Cocci, Gram positif, isolées, ou regroupés en diplocoque, en tétrade en amas. 
Gélose Nutritif Alcaline Bilée (GNAB) 	➤ En amont -Colonies blanchâtres, rondes, petites et moyennes, lisses, plates, contours réguliers, crémeuses, avec dégagement d'odeur. ➤ En aval -Les mêmes colonies.	Bacilles, Gram négatif, isolés ou en amas 

Gélose Cétrimide  	➤ En amont -Colonies blanchâtres et transparentes, grandes, petites, lisses, plates, contours réguliers et irréguliers. ➤ En aval -Colonies moyennes, petites, vertes, en amas ou isolés, rondes, lisses, bombées, contours réguliers, crémeuse blanchâtre, avec dégagement d'odeur de jasmin.	Bacilles, Gram négatif, isolés 
Gélose <i>Salmonella Shigella</i> (SS) 	➤ En amont -Colonies incolores, petites et moyennes, lisses, muqueuses, rondes, contours réguliers, opaques, plates, avec dégagement d'odeur. -Colonie moyennes, rose, isolés, lisses plates contours réguliers, rondes, muqueuses, avec dégagements d'odeur. -Colonies petites, centre noires, bombées, lisses, muqueuses, contours réguliers, avec dégagement d'odeur. ➤ En aval -Colonies petite, moyennes, noire, rondes, contours réguliers, lisses,	Bacilles, Gram négatif, isolés ou en amas 

	bombées, isolés, muqueuse, avec dégagements d'odeur. -Colonies rose, petite rondes, lisses, plates, contours réguliers et irréguliers, avec dégagements d'odeur. - Colonies petites, rondes, lisses, bombées, à contours réguliers, opaques	
Gélose Hektoen  	➤ En amont -Colonies petites et moyennes, verdâtres avec centre, à contour réguliers, lisses, plates, bombés, muqueuses, avec un dégagement d'odeur. ➤ En aval -Colonies jaune saumon, moyenne, bombés, rondes, lisses à contours réguliers, crémeuse, avec un dégagement d'odeur, virage de couleur de milieu. -Colonies jaune, rondes, lisses, bombé, transparente muqueuse, contours irréguliers, avec dégagements odeur.	Bacilles, Gram négatif, isolés ou en amas 

Gélose Sabauroud  	➤ En amont -Colonies moyennes, grandes, duveteuse, blanche et gris, poudreuse, plates formée de courts filamenteux brunes. ➤ En aval -Colonies petites, moyennes, blanchâtre, lisses, bombés, rondes, contours réguliers, crémeuse. - Colonie moyenne, bombé formée de courts filamenteux brunes.	Cocci, ovoïde plus sphérique, isolés ou regroupés en diplocoque, en amas -Hyphes en amas, filamenteuses.  
--	--	---

2.3.2. Résultats d'identification biochimiques (galerie Api)

Les espèces bactériennes identifiées par les API systèmes sont résumées dans les tableaux et les figures ci-dessous. Ces identifications ont été réalisées au niveau du laboratoire de microbiologie à la direction de la santé et de la population de la wilaya de Guelma (**Tableau 10**) (**Annexe 13**).

✓ Profil biochimique des Staphylocoques

L'aspect macroscopique et microscopique (coloration de Gram) des colonies isolées sur gélose Chapman sont présentées dans les figures suivantes :

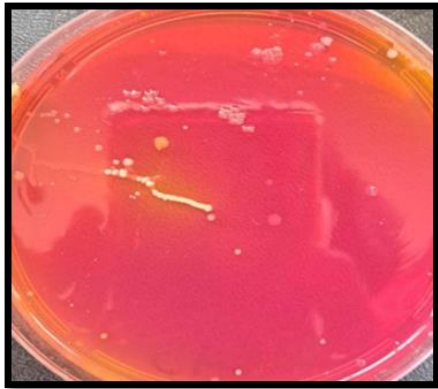


Figure 46: Aspect des colonies sur milieu Chapman (Station 2)

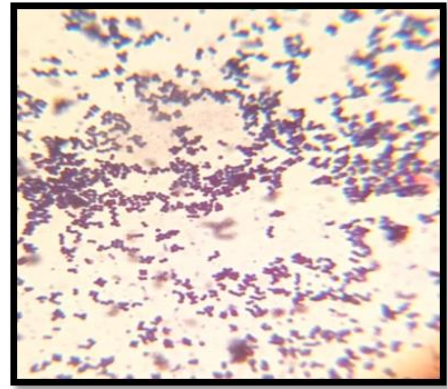


Figure 47: Cocci à Gram positif en amas (Objectif ×100).

Les résultats des différents tests effectués sur les Staphylocoques sont représentés dans le **Tableau 8**.

Tableau 8: Résultats du profil biochimique des *Staphylococcus* isolés

	Site	
Oxydase	-	+
Catalase	+	-
Staphylocoagulase	+	-
Espèces isolées	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus sciuri</i>

✓ Profil biochimique des *Pseudomonas*

L'aspect macroscopique et microscopique (coloration de Gram) des colonies isolées sur gélose Cétrimide sont présentées dans les figures suivantes :

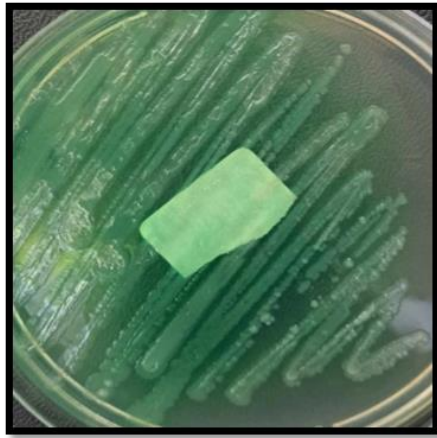


Figure 48: Aspect des colonies sur gélose cétrimide

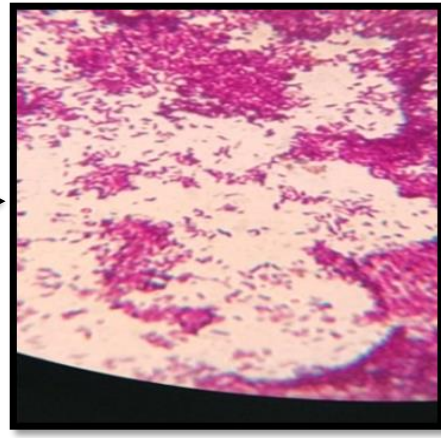


Figure 49: Bacilles Gram négatifs (Grossissement x100)

Les résultats de différents tests effectués pour l'identification des *Pseudomonas* sont résumés dans le tableau et la figure ci-dessous (**Tableau 9**) :

Tableau 9: Résultats du profil biochimique des *Pseudomonas* isolés

	Site
Oxydase	+
King A	-
King B	-
Espèces isolées	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

Tableau 10: Les espèces identifiées par l'API 20 E et l'API 20 NE et l'API Staph

API système	Milieux de culture	Espèces bactériennes identifiées	Le code
API 20 NE	Cétrimide	<i>Pasteurella spp</i>	5730000
		<i>Chryseobacterium indologenes</i>	6630000
		<i>brevundimonas vesicularis</i>	1430000
	GNAB	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	3630000
API 20 E	SS	<i>Salmonella spp</i>	7746773
		<i>Citrobacter braakii</i>	3704573
	Hektoen	<i>Salmonella spp</i>	3706573
API Staph	Chapman	<i>Staphylococcus aureus</i>	6734153
		<i>Staphylococcus sciuri</i>	6132050

✓ Profil biochimique des souches en amont

**Figure 50:** Profil biochimique de la souche *Staphylococcus aureus***Figure 51:** Profil biochimique de la souche *Pasteurella spp*



Figure 52 : Profil biochimique de la souche *Brevundimonas vesicularis*



Figure 53: Profil biochimique de la souche *Citrobacter braakii*



Figure 54: Profil biochimique de la souche *Staphylococcus sciuri*



Figure 55: Profil biochimique de la souche *Salmonella spp*

✓ **Profil biochimique des en aval**



Figure 56: Profil biochimique de la souche *Staphylococcus aureus*



Figure 57: Profil biochimique de la souche *Salmonella* spp



Figure 58: Profil biochimique de la souche *Pasteurella* spp



Figure 59: Profil biochimique de la souche *Chryseobacterium indologenes*

2.4.Résultats d'Antibiogramme

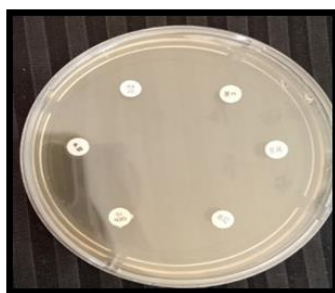


Figure 60: Résultat de l'antibiogramme de Streptocoques

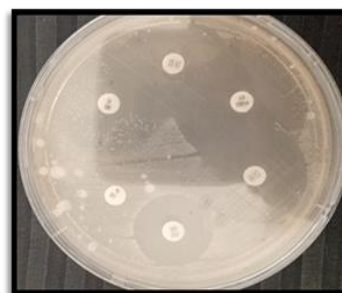
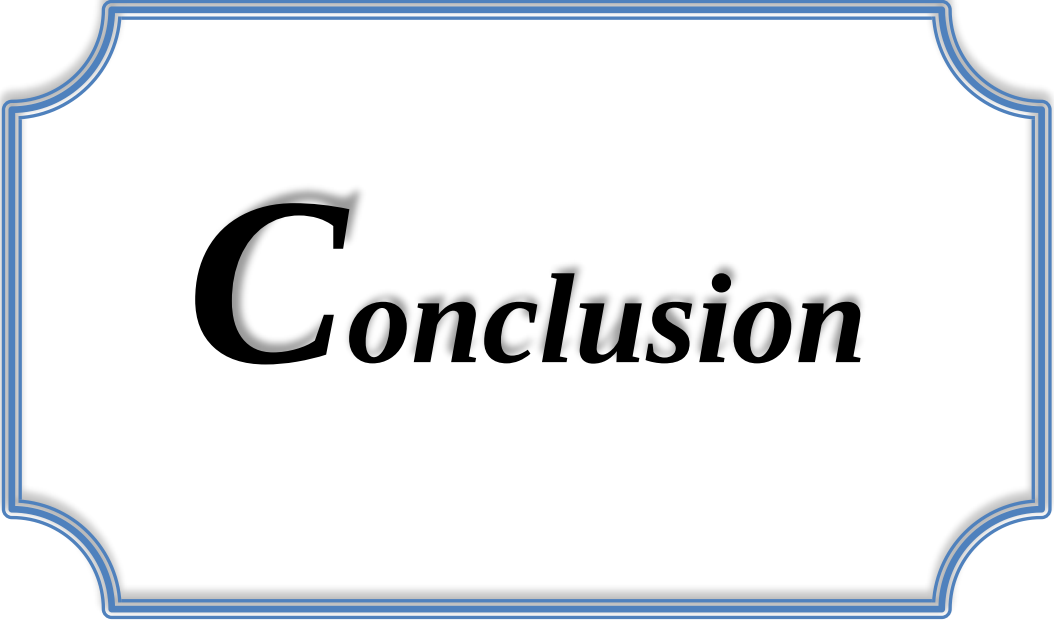


Figure 61: Résultat de l'antibiogramme de *Staphylococcus aureus*

Tableau 11: Résultat de l'antibiogramme des principales espèces isolées

Espèce	Sigle de l'antibiogramme	Zone d'inhibition (mm)	S	I	R
Streptocoques	P10	/			+
	CZ30	/			+
	AX	/			+
	VA	/			+
	GEN	/			+
	C	/			+
<i>Staphylococcus aureus</i>	P10	/			+
	CZ30	27	+		
	AX	23	+		
	VA	24	+		
	GEN	31	+		
	C	25	+		



Conclusion

En Algérie, la qualité des eaux est soumise à une forte pression exercée par l'augmentation de la population et par l'activité industrielle.

Comme nous l'avons déjà mentionné au cours de cette étude, l'eau est une ressource naturelle essentielle à la vie. Il est donc essentiel de la préserver, car sa consommation ne cesse d'augmenter sous l'effet du développement industriel. Ainsi, l'eau est exposée à une pollution humaine et industrielle considérable, dont l'origine, la composition et la quantité varient en fonction des modes de vie. La pollution de l'eau de l'Oued Saf-Saf peut être causée par les rejets directs et les déchets industriels, ainsi que par les eaux usées domestiques.

Dans ce contexte, notre étude a été basée sur l'analyse microbiologique ainsi que quelques paramètres physico-chimiques mesures in situ des eaux d'Oued Saf-Saf (Skikda). Cette étude est basée sur le suivi de deux stations, sur une période de trois mois (Février, Mars et Avril 2024) dans le but de déterminer la qualité de ces eaux.

Concernant les paramètres physico-chimiques étudiés, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé que le pH de ces eaux est très bon et que leur température et l'oxygène dissous sont normaux. Par contre, la conductivité électrique de l'eau est très élevée puisqu'elle indique une minéralisation excessive. Le même pour la turbidité qui indique une eau trouble et la salinité.

Ainsi, du point de vue microbiologique, nous pouvons conclure que durant les mois de Février et Mars et d'Avril, l'eau du barrage est affectée par une pollution dont le degré de contamination dans les deux stations de prélèvements a révélé des taux et des teneurs élevées en germes tests de contamination fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et bactéries anaérobies sulfite-réductrices) avec la présence en continue des bactéries pathogènes, à savoir *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* et *Pasteurella spp.* Ces dernières peuvent engendrer des maladies à transmission hydrique.

La préservation de l'eau dans un Oued est un enjeu essentiel pour la conservation de l'écosystème et la durabilité des ressources hydriques. Voici quelques recommandations pour préserver l'eau dans un Oued :

- ✓ Il faut mettre en place des mesures de gestion des déchets efficaces pour éviter la pollution de l'Oued.
- ✓ Il faut aussi installer des systèmes d'évacuation des eaux usées.

- ✓ Il est essentiel de préserver la santé publique en aval en protégeant le bassin versant contre toutes les formes de pollution.
- ✓ Enfin, L'étude régulière des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

Références

Bibliographiques

A

- **Abdellioui, S. et Boukhdim, A. et Hamzaoui, H. (2012).** Qualité microbiologique d'un écosystème lotique Cas de l'Oued El Kebir Ouest (Skikda, Nord – Est algérien), Mémoire de Master, Université de Guelma.
- **Adada, D. et Khider, M. (2020).** Modèle à la décision à l'exploitation du gaz. Mémoire de Master. Université de Saad Dahlab Blida 1.
- **Aissaoui, M. (2018).** Caractéristiques Hydro Chimiques des Eaux De L'Oued Seybouse Et Ses Affluents Dans La Region De Guelma - Quantification Du Degré De La Pollution, These De Doctorat LMD, Annaba -Mokhtar Badji Universite.
- **Akrour, D. et Akrour, H. (2020).** Etude de la qualité microbiologiques et caractérisation de la résistance à la bêta- lactamine des souches d'entérobactéries isolées des sandwichs de la ville de Blida, Mémoire de Master. Université de Blida 1.
- **Allouane, F. et Limane, H. (2013).** Contribution à l'étude de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux d barrage Ain Dalia à Souk Ahras (Nord – Est Algérien). Mémoire de Master, Université de Guelma.
- **Amiri, F. et Boualleg, W. (2014).** Etude bactériologique de l'eau de la retenue collinaire "Hadjar Gafta" de la commune Nechmaya (Wilaya de Guelma), Mémoire De Master, Université de Guelma.
- **Amrai, R. et Boudissa, F. (2023).** Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique d'Oued El Ksob wilaya de Bordj Bou Arreridj, Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir Ibrahimi BBA.
- **ANPE, (1994).** Agence Nationale pour la protection de l'environnement. Monographie de la wilaya de SKIKDA. MATE.
- **Attalah, Kh. Ghennai, A. (2018).** Contribution à l'étude bactériologique de l'Oued El Kebir Skikda, Mémoire de Master, Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi.
- **Ayad, W. (2017).** Evaluation De La Qualite Physico-Chimique et Bacteriologique Des Eaux Souterraines : Cas Des Puits de La Region d'el-Harrouch (Wilaya De Skikda), Thèse De Doctorat, Université Badji Mokhtar – Annaba.

B

- **Barika, N. et Boussaidi, D. (2019).** Etude de la résistance aux antibiotiques des bactéries isolées à partir des plaies chirurgicales infectées, Mémoire De Master, Université M'hamed Bougara de Boumerdes.
- **Belaid, S. et Redjim, I M. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de Barrage Zit-Emba (Skikda), Mémoire de Master, Université de Guelma.
- **Belli, A. et Benendjeddou, Y. et Benzerrouk, M. (2021).** Physico-chimiques Et Microbiologiques Des Eaux Introduites Dans Le Barrage Beni-Haroun (Wilaya De Mila) Mémoire de Master, Université Abdelhafid BOUSSOUF-Mila.
- **Ben Mammarm S. et Bougoufa, S. (2018).** L'analyse physicochimique et microbiologique et microbiologique de l'eau de source dans différentes régions de Bordj Bou Arreridj, Mémoire de Master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
- **Benabassa, M. et Merzoug, Kh. (2018).** Étude de l'impact de la station d'épuration sur la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'Oued Seybouse (Guelma), Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Benamer, S. (2010).** Fixation Du Plomb Et Du Cadmium Sur Des Billes De Chitosane, Mémoire De Magistère, Ecole Nationale Polytechnique D'el- Harrach.
- **Bendjamaa, R. et Bendridi, I. et Chermat, S. (2019).** Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de source de la wilaya de Mli (An Gamra, Ain Sedra, Ain Keskas et Ain Village). Mémoire de Master. Université de Abdelhafid Bousoufa Mila.
- **Benhacine, Z. (2017).** Comparaison des rejets liquides de deux industries de la Wilaya de Constantine. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine.
- **Benkouachi, M. et Bouhali, R. (2021).** Efficacité de traitement de la station d'épuration des eaux usées de Ferdjioua Ain Beida aharié-Mila-. Mémoire de Master. Université de Abdelhafid Boussoufa-Mila-.
- **Berkani, S. et Neghiche, K. et Zemmal, H. (2019).** Influence des rejets liquides du complexe (LNG) de la base industrielle de Skikda sur la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de Ben m'Hidi. Mémoire de Master. Université de Guelma.
- **Bezzazi, Y. et Miloudi, A. (2017).** Contamination bactérienne des claviers des ordinateurs après leurs utilisations par les étudiants, Mémoire De Master, Université De Guelma.

- **Boucherit, A. et Hakimi, H. (2016).** Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debagh –Guelma. Mémoire de Master. Université de Guelma.
- **Bouderhem, A. (2011).** Utilisation des souches Bactériennes telluriques autochtones dans la Biodetection et la bioremediation des sols pollués par les hydrocarbures, Mémoire de master, Université Kasdi Merbah – Ouargla.
- **Bougada, A. et Koreichi, B. (2020).** Exploration des différentes étapes de l'épuration biologique des eaux usées et mesure de la charge organique ; Cas station d'Oued Athmania, Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine 1.
- **Bouguerra, M. et Laouier, N. (2019).** Qualité microbiologique des Crèmes glacées commercialisées dans la ville de Guelma et étude de la sensibilité aux antibiotiques bactéries isolées. Mémoire de Master, Université De Guelma.
- **Bouhayene, S. (2015).** Evaluation bactériologique des zones de Baignade de la baie de Skikda (N.E. Algérien). Thèse de Doctorat. Université BADJI MOKHTAR- ANNABA.
- **Bouhenni, Z. et Ghouil, M. (2017).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'irrigation de l'Oued Djendjen (Jijel), Mémoire de Master, Université Med-Seddik Benyahia- Jijel.
- **Boulkhiout, Kh. Et Chemmakh, R. et Meghadecha, S. (2023).** Etude De La Dynamique Et L'identification Des Populations Phytoplanctonique des Eaux Continentales De Lac Tonga (PNEK), Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Bouras, Z. et Sekfali, S. (2013).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles "cas d'Oued Zénati" (Nord-Est Algérien), Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Bousekaa, A. et Laouar, N. (2021).** Caractérisation hydrogéologique en utilisant le Système d'information géographique cas du bassin versant du Saf-Saf (Wilaya de Skikda), Mémoire de Master, Université de Guelma.
- **Boutebba, Ch. et Ferdi, I. et Meghazl, Ch. (2022).** Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau d'Oued SEYBOUSE, Mémoire De Master, Université de Guelma.
- **Bouteldja, M. et Haddidi, I. et Melek, I. (2016).** Etude de la qualité et le test bactériologique de l'eau du barrage de Zit-Emba et microflore de « Barbus callensis », Mémoire de Master, Université de Guelma.

- **Bouziani, M., (2000).** *L'eau de la pénurie aux maladies. Ed Ibn –Khaldoun. Alger* 243-247.

C

- **Chaouch, N. (2014).** Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées. Thèse de Doctorat, Université Hadj Lakhdar – Batna.
- **Chekirou, H. Et Ourdjini, A. Et Ourdjini, S. (2017).** Contribution À L'étude Physico-Chimique et Bactériologique et L'origine De La Pollution Fécale Au Niveau De L'amont D'OuedSeybouse(Guelma), Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Chibani, S. (2009).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhlouf (Wilaya de Guelma), Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Chiha, C.et Djanet, S. (2019).** Détermination de la flore fongique des bains traditionnels (Hammams) de la Wilaya de Biskra. Mémoire de Master, Université de Biskra.

D

- **Djamaa, N.et Bouklab, M. (2022).** Évaluation de la qualité physico -chimiques et Bactériologique des eaux issues de la décharge publique de Mila. Mémoire de Master, Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila.
- **Djedadoua, N. (2017).** Etude physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage de Hammam Debagh (Guelma). Mémoire de Master, Université de Guelma.
- **Djenidi R. (2016).** *Étude de la contamination superficielle des carcasses ovines à l'aide d'examens bactériologiques au niveau de l'abattoir de Bordj Bou Arréridj*, Revue Agriculture, 47 – 56.
- **Dosso Ousmane Azoumana. (2017).** Evaluation de la qualité de l'eau de Baignade de la CASCADE DE MAN, Thèse de Doctorat, Université de COTE D'IVOIRE.

E

- **El Morhit M. (2009).** Hydrochimie, Eléments Traces Métalliques et incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos). Thèse de Doctorat. Université Mohamed V-Agdal.

- **Elbah, H. et Labreche, A. et Sahraoui, A. (2016).** Etat des lieux de la qualité physico chimique et Bactériologique des eaux souterraines en milieux urbain : Cas de la nappe d'Ain Brinis ras EL AKBA-GELMA, Nord-Est d'Algérie. Mémoire de Master, Université de Guelma.

G

- **Gaujous, D. (1995).** *La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition : Technique est documentation.* Paris.119-220p.
- **Guasmi, I. et Djabri, L. et Hani, A. et Lamouroux, C. (2006).** *Pollution Des Eaux De L'Oued Medjerda Par Les Nutriments*, Université d'Annaba, Algérie. N° 05. pp.113-119.
- **Gueddah, D. (2015).** Evaluation de la pollution industrielle et urbaine dans la région Est Algérienne (Skikda), Thèse, Université Badji Mokhtar – Annaba.
- **Guellil, A. (2017).** Impact de la pollution marine chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* par les pesticides au niveau du littoral de Beni Saf (Wilaya d'Ain-Temouchent). Mémoire de Master. Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen.
- **Guerbas, C. et Belahouer, M. et Turki, R. (2020).** Contamination fongique et bactérienne notées dans les services de réanimation et de chirurgie de l'EHS de la pédiatrie, Mansourah, Constantine. Mémoire de Master, Université des Fères Mentouri Constantine.

H

- **Hadjadj, R. et Bouabid, A. (2022).** Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de robinets dans la ville de Skikda, Mémoire de Master, Université Frères Mentouri Constantine.
- **Hadji, F. et Boucceredj, I. (2020).** Analyse Physico-Chimique Et Microbiologique De L'eau, Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Hafsi Bounbaou, A. et Hanniche, F. (2016).** Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de L'Oued Sidi El Kebir et étude de l'antibiorésistance des souches isolées (Blida), Mémoire De Master, Université de Blida 1.
- **Hallaci, S. et Mahboubi, L. (2019).** Influence des rejets liquides du complexe GL1/K sur la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'Oued Saf-Saf –SKIKDA, Mémoire de Master, Université de Guelma.

- **Hedahdia, A. et Aliouche, S. (2016).** Contribution A L'étude De L'origine De La Contamination Fecale Des Eaux Du Barrage Bouhamdane –Guelma, Mémoire De Master, Université de Guelma.
- **Hedahdia, A. et Aliouche, S. (2016).** Contribution A L'étude De L'origine De La Contamination Fécale Des Eaux Du Barrage Bouhamdane –Guelma, Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Henni, F .et Laradj, S. et Beskra, M. (2022).** Identification et étude du profil de résistance des bactéries isolées à partir de divers prélèvements pathologiques. Mémoire de Master, Université de Blida1.
- **Hieche, H. et Boudraa, N. (2016).** Evaluation de la qualité physico-chimique et Microbiologique des eaux d'Oued Asmal (Ziama Mansouriah), Mémoire de master, Université Med- Seddik Bnyahia – Jijel
- **Hocine, F. et Chaibderraiine, M. et Lahouerche, L.et Kbbabsa, I. (2022).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau de quelques sources naturelles dans la région de Guelma. Mémoire de Master, Université de Guelma.

K

- **Kalkoul, I. (2021).** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau des plages de la ville de Jijel (Cas des plages Kotama et Beni Belaid), Mémoire De Master, Centre Universitaire Abdel Hafid Boussouf Mila Institut des Sciences et de la Technologie.
- **Kaour, W. et Khabatti, D. et Loucif, I. (2022).** Évaluation De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique Des Eaux Utilisées En Irrigation Dans Le Secteur Charef-Guelma(Nord-Est) Algérie, Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Khalfallah, A. et Mahboubi, D. et Saidia, I. (2021).** Degrés De Contamination Et Isolement Des Bactéries Multirésistantes Aux Antibiotiques Dans L'eau De L'Oued Seybouse « Guelma, Nord-Est De L'algérie », Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Khalfoune, A. (2014).** Étude de la résistance aux antibiotiques de certaines bactéries d'importance clinique : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Staphylococcus aureus*, Mémoire De Master, Université De Guelma.

- **Khelaifia, A. (2023).** Cartographie des inondations par HEC-HMS et HEC-AS : Cas du bassin versant de l'Oued Kébi Ouest- Algérie Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar Annaba.
- **Khelfaoui, F. (2008).** Ressources En Eau Et Gestion Integree Dans Le Bassin Versant Du Saf-Saf (Nord-Est Algerien), Memoire De Magister, Universite Badji Mokhtar –Annaba.
- **Khelfaoui, F. et Zouini, D. (2010) :** *Gestion intégrée et qualité des eaux dans le bassin versant du Saf-Saf (wilaya de Skikda, nord-est algérien)*, Revue « Nature et Technologie », Université Badji Mokhtar, BP n°12, Annaba 23000. Algérie.
- **Kherchiche, Ab. Bouzidi, A. (2013).** Impact De La Pollution Agricole Et Urbaine Sur La Qualité Des Eaux De Surface : Cas Du Barrage De Hammam Debagh-Guelma, Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Kherifi, N.et Achi, I. (2016).** Caractéristiques physico-chimiques d'un cours d'eau (cas de l'Oued Charef) dans la région de Guelma (Nord-est algérien), Mémoire de Master, Université de Guelma.

L

- **Labar, S. (2009).** Evaluation de la pollution des eaux souterraines dans un milieu industriel (Cas de la zone industrielle de Skikda, N.E. algérien), Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba.
- **Lahouareche, M. (2014).** Etude bactériologique et physique de l'eau d'Oued Zimba (wilaya de Guelma), Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Lakehal, M. (2023).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologie des eaux épurées issues de la station d'épuration de la ville de Saida, Mémoire de Master, Université MOULAY Tahar, Saida.
- **Latfaoui, H. (2017).** Impact de la pollution marine par organochlorés chez les oursins (*Paracentrotus lividus*) au niveau de la station de Béni-Saf (Wilaya d'Ain-Temouchent), Mémoire de Master, Université de Tlemcen.
- **Lebbihi, R. et Derki, H. (2018).** Etude de quelques paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux potables dans la région d'El-OUED, Mémoire De Master, Université Echahid Hamma Lakhdar D'el-Oued.
- **Lemzadmi, Ch. et Saidi, H. (2017).** Perte de capacité de stockage en eau dans quelque barrage de l'est Algérien. Mémoire de Master. Université de Guelma.

- **Louafi, K. et Chorfi, S. (2021).** Impact de la pollution des eaux sur l'environnement. Mémoire de Master. Université de Larbi Tebessi-Tébbessa.

M

- **Maalem, T. et Saidia, Ch. et Togo, I. (2018).** Caractérisation bactériologique des boues résiduelles des stations d'épuration des eaux usées : cas de la station de Guelma, Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Mansouri Z., (2009).** Les ressources en eau et gestion intégrée du bassin versant de l'Oued Bouhamdane (Nord-Est Algérien). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar d'Annaba.
- **Mehanned, S. et Zaid, A. et Chahlaoui, A. (2014).** *Caractérisation Bacteroloqidue du Lac Reservoir Barrage Sidi Chahed.* Larhyss Journal., 17, pp 215-225.
- **Mehanned, S., Chahlaoui, A., Zaid, A., Chahboune, M., and Dehbi, A. (2014) :** *Estimation de la charge de pollution bactériologique des eaux des deux affluents (Mikkés et Mellah) et son impact sur la qualité microbiologique des eaux du barrage Sidi Chahed (Maroc).* ISOR Jounrnal of Engineering (ISORJEN) ,01-10.
- **Mehouel, F. (2020).** Contamination D La Sardine Et De L'espadon Par Les Métaux Lourds Et Evaluation De Risque D'exposition Pour Les Consommateurs Algériens, Thèse De Doctorat, Université SAAD DAHLAB BLIDA 1.
- **Meradi, S. (2015).** Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de quelques zones humides de l'éco-complexe de Guerbès-Sanhadja (Wilaya de Skikda, Nord – Est algérien), Mémoire De Master, Université de Guelma.
- **Mérimeche, H. et Boulahchiche, F. (2012).** Contribution à l'étude de la contamination par les métaux Lourds de certaines espèces macrophytes du marais de Redjla Taher (Wilaya de Jijel), Mémoire de Master, Université de Jijel.
- **Merzoug, S. (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda), Mémoire De Master, Université de Guelma.

N

- **Nouadria, B. et Noudria, Set. Ghouli, Y .et Hannech, A. (2022).** Contribution à l'analyse bactériologique de l'eau potable « l'Eau de robinet ». Mémoire de Master, Université de Guelma.

O

- **Ouanoughi S. (2004).** Possibilités d'élimination du cadmium par précipitation chimique à la chaux et au sulfate d'aluminium, Mémoire de Magister, Université Mohamed Khider – Biskra.
- **Oughidni, S. Sebti, B. (2015).** Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau des zones humides urbaines de la wilaya d'Annaba : Cas du marais de Boussedra, Mémoire De Master, Université De Guelma.

R

- **Rodier J. (1984).** *L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.* 7^e édition. Bordas, Paris. 1334 p.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N. et Brunet R. 2009.** *L'analyse de l'eau - 9e éd. : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.* 9e éd.

S

- **Sarah.et Baaziz, H .et Benghodbane. (2010).** Impact de la pollution par le cadmium sur l'évolution de la population des moules bivaux *Mytilus galloprovincialis*, Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar Annaba.
- **Satha, W. et Makroudi, S. (2015).** Contribution à L'étude de la qualité Bactériologique et phytolancronique de l'eau du Lac Oubéira (PNEK-EL-TARE). Mémoire de Master. Université de Guelma.
- **Selaimia, N. et Boukerche, M. (2023).** Évaluation de la qualité microbiologique de l'eau potable (Eau de robinet) et l'eau de quatre sources naturelles dans la région de Guelma, Mémoire De Master, Université De Guelma.
- **Sid Ahmed, S. (2020).** *Valorisation touristique et préservation des zones côtières fragiles en Algérie : cas de la zone d'expansion touristique de Skikda.* International Journal of Spaces and Urban Territory, ,188-195.
- **Stiti, H. et Benyahya, H. (2017).** Contribution à l'étude de la qualité de l'eau d'Oued Seybouse (Guelma), Mémoire de Master, Université de Guelma.

T

- **Tabet Hellal M.A. et Ghellal N. (2004).** *Caractérisation des eaux de barrage "Hammam Bouhrara" (Algérie nord occidentale) destinées à consommation humaine et à l'irrigation. Pp : 260-270.*
- **Tekaya, A. (2015).** Caractérisation microbiologique et moléculaire d'une souche bactérienne isolée des boues anaérobies traitées par des rayonnements gamma, Mémoire De Stage De Fin D'études, Université De La Manouba.

Z

- **Zaoui, L. (2017).** Evaluation de la pollution des sols et des eaux de la plaine de Bouna moussa et essais de dépollution. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba.
- **Zehor, A. (2010).** Développement d'un micro-capteur pour le suivi des contaminants de l'eau, Mémoire de Magister, Université Abou Bekr Belkaid de Telemcen.
- **Zouaimia, A. et Brahmia S. (2013).** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau de l'Oued-Zimba (Guelma), Mémoire De Master, Université de Guelma.

Références
Webographies

- [1] <https://www.scribd.com/document/372239411/GL1k>
- [2] <https://www.scribd.com/doc/299244080/Ressources-en-Eau-Et-Gestion-Integree-Dans-Le-Bassiin-Versant-Du-Saf-saf-Nord-est-Algerien>
- [3] https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/plomb_pb.php4
- [4] https://www.greenfacts.org/fr/mercure/mercure-1.htm*
- [5] <https://www.geo.fr/environnement/pcb-un-produit-interdit-mais-une-pollution-persistante-169487>
- [6] <https://www.anses.fr/fr/content/pcb-carte-d%E2%80%99identit%C3%A9#:~:text=Les%20PCB%20ou%20polychlorobiph%C3%A9nyles%20sont,sous%20le%20nom%20de%20pyral%C3%A8nes>
- [7] <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/article/pesticides>
- [8] <https://www.scribd.com/doc/299244080/Ressources-en-Eau-Et-Gestion-Integree-Dans-Le-Bassiin-Versant-Du-Saf-saf-Nord-est-Algerien>
- [9] <https://www.eea.europa.eu/fr/help/questions-frequeemment-posees/quelles-sont-les-principales-sources>
- [10] <https://www.eaufrance.fr/les-impacts-de-la-pollution-de-leau#:~:text=Les%20cons%C3%A9quences%20de%20la%20pollution,maladies%20ou%20des%20perturbations%20endocriniennes>
- [11] <https://www.aquarium-larochelle.com/wp-content/uploads/2021/08/The%CC%80me-12-Ge%CC%81rer-la-ressource-en-eau.pdf>
- [12] <https://microbiologie-clinique.com/API.html>
- [13] <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/maladies-infectieuses/diagnostic-biologique-des-maladies-infectieuses/antibiogramme>

Résumé

L'eau de l'Oued Saf Saf de la wilaya de Skikda est exposée à la pollution générée par le complexe GL1/K, que ce soit par les rejets directs et indirects et les déchets industriels ou par les eaux usées domestiques qui conduisent par leurs eaux usées à la dégradation de la qualité des eaux des milieux récepteurs. Nous avons effectué deux prélèvements pendant les mois de Février, Mars et Avril 2024. Deux échantillons ont été prélevés dans deux stations au niveau en amont de l'Oued Saf-Saf (S1) et en aval (S2). Notre travail consiste à la détermination de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux d'Oued Saf-Saf et à valoriser cet écosystème aquatique. Les analyses ont été effectuées sur différents échantillons en mesurant les paramètres physico-chimiques suivants : pH, conductivité, température, turbidité et l'oxygène dissous et la salinité. D'autre part, au niveau du laboratoire de la direction de la santé et de la population de la wilaya de Guelma, ont été effectuées des analyses microbiologiques portant sur les germes à savoir (germes totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs) et d'autres germes pathogènes (*staphylocoques*, *Shigella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* et *Vibrio*) et les levures et moisissures. Les résultats obtenus montrent que la majorité des paramètres physico-chimiques ne respectent pas les normes acceptées et que la qualité de ce cours d'eau est assez médiocre. Toutefois, les études microbiologiques ont mis en évidence leur présence de germes de contamination fécale. La pollution représente un danger pour la santé de la population et a un impact sur l'environnement.

Mots clés : Paramètres physico-chimiques, Oued Saf-Saf, qualité microbiologique, pollution industrielle, Skikda.

Abstract

The water of the Oued Saf-Saf in the wilaya of Skikda is exposed to the pollution generated by the GL1/K complex, whether by direct and indirect discharges and industrial waste, or by domestic wastewater, which in turn degrades the quality of the water in the receiving environment. We took two samples during the months of February, March and April 2024. Two samples were taken at two stations upstream of Oued Saf-Saf (S1) and downstream (S2). The aim of our work is to determine the physico-chemical and microbiological quality of the Oued Saf-Saf waters, and to enhance the value of this aquatic ecosystem. Analyses were carried out on various samples, measuring the following physico-chemical parameters: pH, conductivity, temperature, turbidity, dissolved oxygen and salinity. Microbiological analyses were also carried out at the laboratory of the Guelma wilaya health and population department, covering germs (total germs, total coliforms, faecal coliforms, faecal streptococci and sulphite-reducing anaerobic bacteria) and other germs. The results obtained show that the majority of physico-chemical parameters do not meet accepted standards, and that the quality of this watercourse is fairly mediocre. However, microbiological studies have revealed the presence of fecal contamination germs. Pollution represents a health hazard for the population and has an impact on the environment.

Keywords: Physico-chemical parameters, Oued Saf-Saf, microbiological quality, pollution industrial, Skikda.

المخلص

تتعرض مياه واد الصفصاف في ولاية سكيكدة إلى التلوث من مجمع GL1/K سواء من خلال الصرف المباشر وغير المباشر والمخلفات الصناعية أو من خلال مياه الصرف الصحي المنزلي، والتي بدورها تؤدي إلى تدهور نوعية المياه في البيئة المستقبلية. أخذنا عينتين خلال أشهر فيفري ومارس وأفريل 2024. والتي أخذت في محطتين في أعلى منبع واد الصفصاف (S1) وأسفل المصب (S2)، يهدف هذا العمل من تحديد الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لمياه واد الصفصاف وتعزيز هذا النظام البيئي المائي حيث تم إجراء التحاليل على عينات مختلفة من خلال قياس العوامل الفيزيائية والكيميائية التالية: الأس الهيدروجيني، درجة الحرارة، الناقلية الكهربائية، الأكسجين المذاب، العكارة والملوحة. وبالإضافة إلى ذلك، أجريت التحاليل الميكروبيولوجية بمختبر مديرية الصحة والسكان لولاية قالمة، بما في ذلك (البكتيريا الكلية، القولونيات، القولونيات البرازية، العقديات البرازية والكلوستريديوم) بالإضافة إلى البكتيريا الممرضة (العنقوديات، سالمونيلا، شيجلا، بسودوموناس، الخ) الفطريات والخمائر. وتشير النتائج إلى أن معظم العوامل الفيزيائية والكيميائية لا تتوافق مع المعايير المعتمدة وأن نوعية هذا المجرى المائي سيئة للغاية. ومع ذلك، كشفت الدراسات الميكروبيولوجية عن وجود جراثيم تلوث برازي. يمثل التلوث خطراً على الصحة العامة وله تأثير على البيئة.

الكلمات المفتاحية: العوامل الفيزيائية والكيميائية، واد الصفصاف، الجودة الميكروبيولوجية، التلوث الصناعي، سكيكدة.

Annexe

Annexe 1 : Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Skikda**(2009 - 2018) (Hallaci et Mahboubi, 2019)**

Mois	T° moyenne (C°)			Précipitation (mm)	Humidité relative (%)	Vent (m/sec)	Evaporation (mm)
	Mini	Max	Moy			Vitesse moyenne	
Jan	9.61	17.17	12.67	116.03	67.55	3.8	43.48
Fév	8.81	16.35	13.3	116.94	69.11	3.99	40.33
Mar	10.97	40.75	14.52	82.26	68.44	3.46	48.8
Avr	13.27	20.67	16.73	47.94	70.55	3.32	47.35
Mai	15.78	23.25	19.17	37.43	70.87	3.3	53.33
Juin	19.28	26.45	22.91	6.3	69.66	3.2	68.65
Juil	22.37	29.12	25.77	1.64	67.88	3.22	73.9
Août	23.04	30.03	26.37	17.38	69.88	3.16	80.28
Sep	21.2	28.16	24.24	55.95	69.38	3.22	69.07
Oct	18.13	28.62	21.68	85.83	68.22	3.41	67.71
Nov	14.02	21.8	17.36	103.08	66.88	3.36	57.64
Déc	9.71	18.87	13.53	98.55	71.77	3.64	44.92

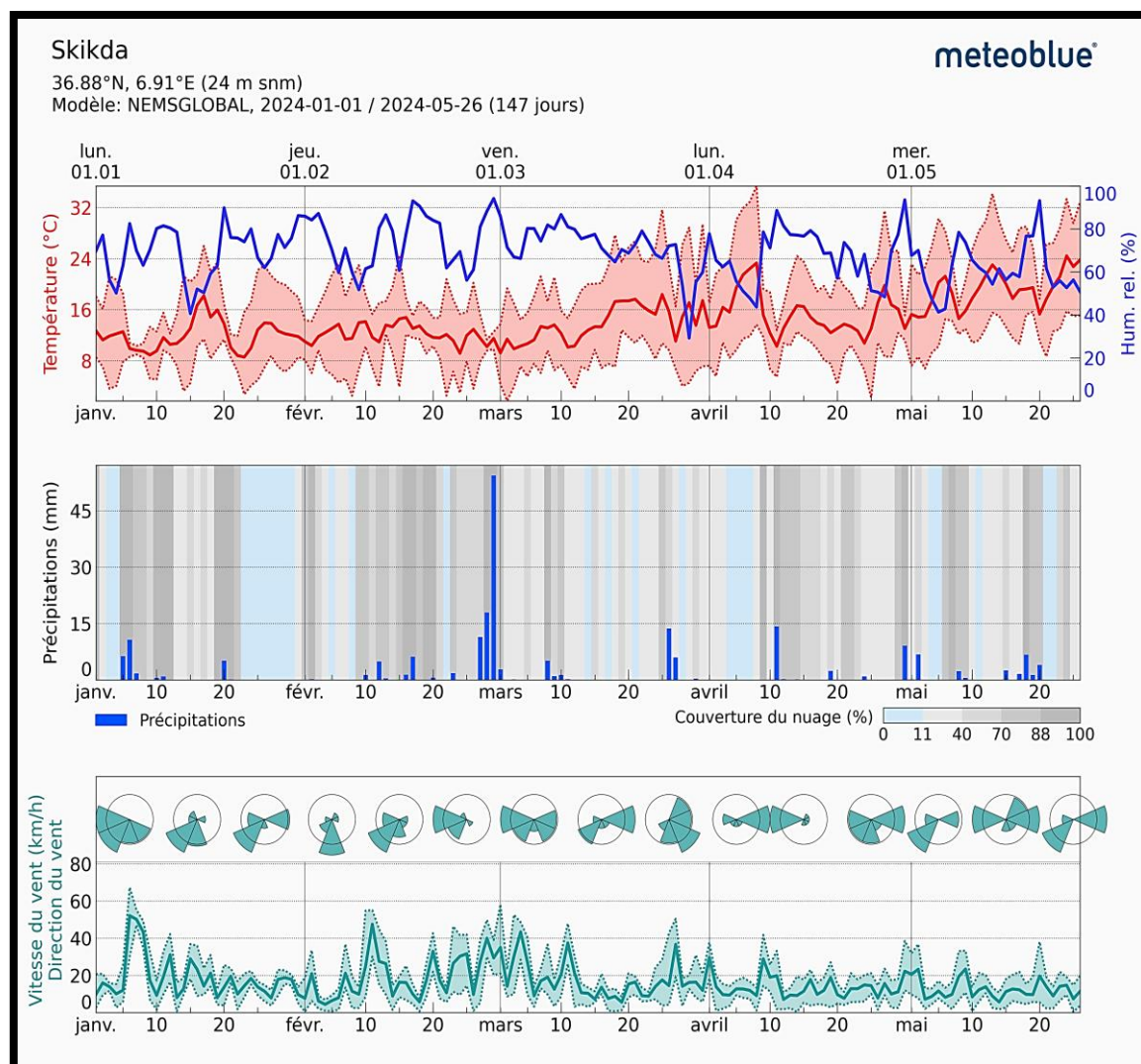
Annexe 2 : Tableau de Mac Grady (Hallaci et Mahboubi, 2019)

5 tubes par dilution							
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	203	1.2	400	1.3	513	8.5
001	0.2	210	0.7	401	1.7	520	5.0
002	0.4	211	0.9	402	2.0	521	7.0
010	0.2	212	1.2	403	2.5	522	9.5
011	0.4	220	0.9	410	1.7	523	12.0
012	0.6	221	1.2	411	2.0	524	15.0
020	0.4	222	1.4	412	2.5	525	17.5
021	0.6	230	1.2	420	2.0	530	8.0
030	0.6	231	1.4	421	2.5	531	11.0
100	0.2	240	1.4	422	3.0	532	14.0
101	0.4	300	0.8	430	2.5	533	17.5
102	0.6	301	1.1	431	3.0	534	20.0
103	0.8	302	1.4	432	4.0	535	25.0
110	0.4	310	1.1	440	3.5	540	13.0
111	0.6	311	1.4	441	4.0	541	17.0
112	0.8	312	1.7	450	4.0	542	25.0
120	0.6	313	2.0	451	5.0	543	30.0
121	0.8	320	1.4	500	2.5	544	35.0
122	1.0	321	1.7	501	3.0	545	45.0
130	0.8	322	2.0	502	4.0	550	25.0
131	1.0	330	1.7	503	6.0	551	35.0
140	1.1	331	2.0	504	7.5	552	60.0
200	0.5	340	2.0	510	3.5	553	90.0
201	0.7	341	2.5	511	4.5	554	160.0
202	0.9	350	2.5	512	6.0	555	180.0

Annexe 3 : Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Skikda
(2024).

<https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine>

https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/skikda_alg%C3%A9rie_2479536



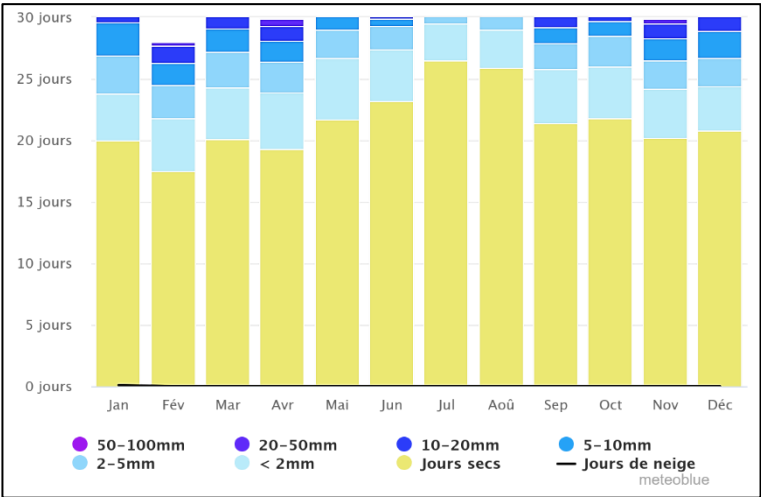


Figure 01 : Quantité de précipitations (2023)

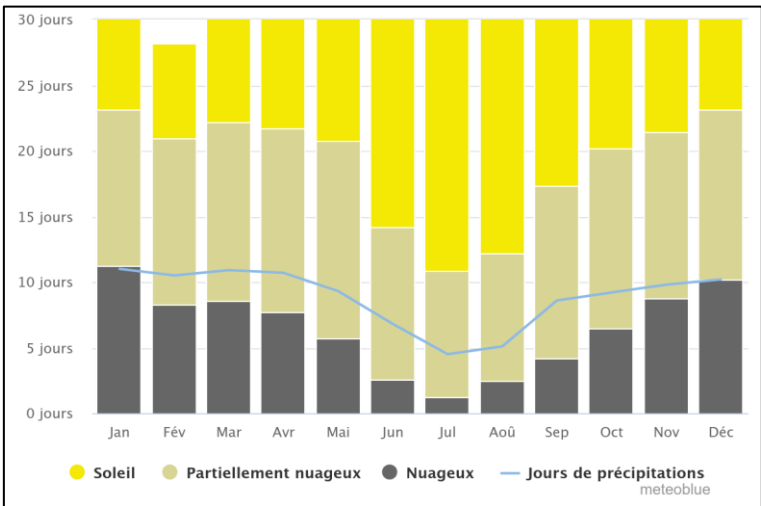


Figure 02 : Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations (2023)

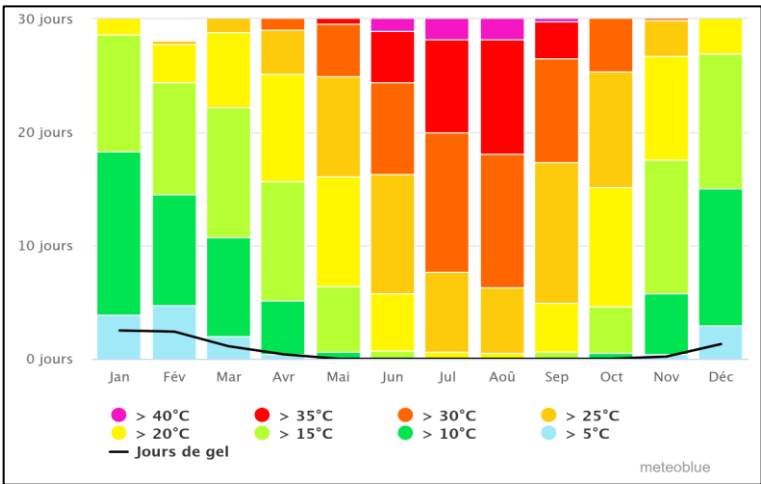


Figure 03 : Températures maximales (2023)

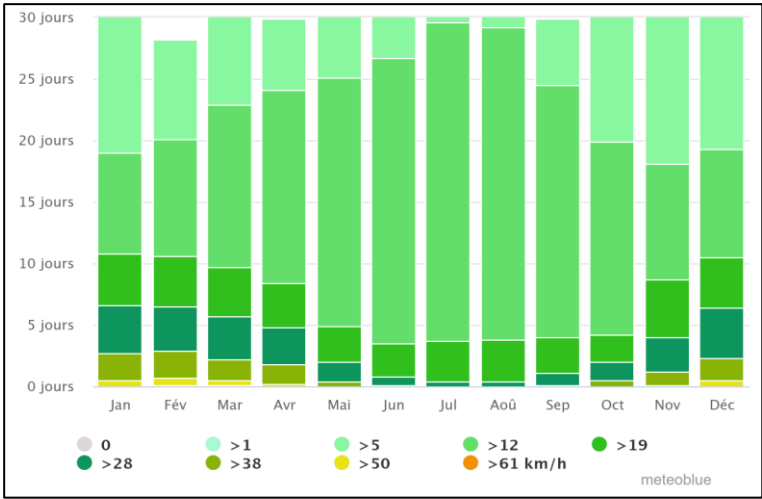
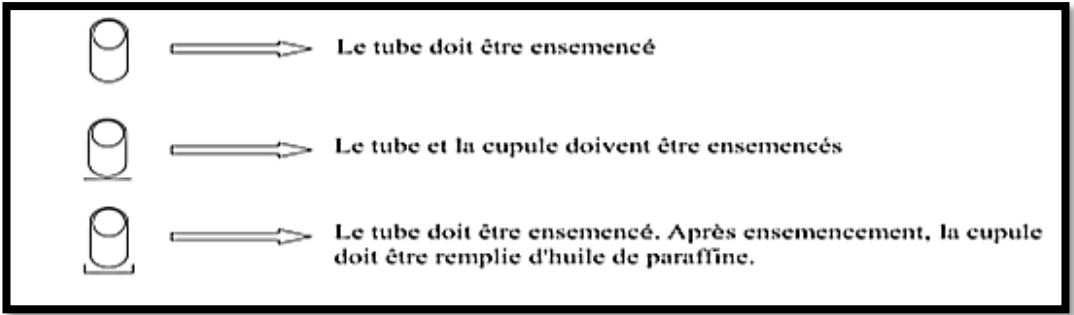


Figure 04 : Vitesse de vent (2023)

Annexe 4 : Méthode de remplissage de l’API (Maalem *et al.*, 2018).



Annexe 5 : Listes des tableaux des résultats de l’analyse physico-chimique

Tableau 01 : pH de l’eau d’Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024)

	Février	Mars	Avril
S1	7,73	7,73	7,56
S2	7,98	7,88	7,95

Tableau 02 : Température de l’eau d’Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024)

	Février	Mars	Avril
S1	21,36 °C	16,4 °C	12,5 °C
S2	17,3 °C	18,7 °C	13,5 °C

Tableau 03 : Conductivité électrique de l'eau d'Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024)

	Février	Mars	Avril
S1	1311 $\mu\text{S/cm}$	1376 $\mu\text{S/cm}$	1407 $\mu\text{S/cm}$
S2	4620 $\mu\text{S/cm}$	4620 $\mu\text{S/cm}$	5215 $\mu\text{S/cm}$

Tableau 04 : Oxygène dissous de l'eau d'Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024)

	Février	Mars	Avril
S1	6,01 mg/L	6,01 mg/L	5,03 mg/L
S2	4,24 mg/L	4,24 mg/L	3,87 mg/L

Tableau 05 : Turbidité de l'eau d'Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024)

	Février	Mars	Avril
S1	262	262	19,2
S2	33,1	33,1	23,7

Tableau 06 : Salinité de l'eau d'Oued Saf-Saf (Février- Mars – Avril 2024)

	Février	Mars	Avril
S1	0,4	0,69	0,4
S2	29,5	31,99	32,8

Annexe 6 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de pH (**Hallaci et Mahboubi, 2019**)

pH	Qualité
< 8	Très bonne
8-8.5	Bonne
8.5-9	Passable
9-9.5	Mauvaise
> 9.5	Très Mauvaise

Annexe 7 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (Meradi, 2015)

Température	Qualité	Classe
<20°C	Normale	1A
20°C-22°C	Bonne	1B
22°C-25°C	Moyenne	2
25°C-30°C	Médiocre	3
>30°C	Mauvaise	4

Annexe 8 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Abdellioui et al., 2012)

Conductivité électrique ($\mu\text{s/cm}$)	Qualité des eaux
CE < 400	Bonne
400 < CE < 750	Bonne
750 < CE < 1500	Passable
1500 < CE < 3000	Médiocre

Annexe 9 : La grille de la qualité des eaux en fonction de l'Oxygène dissous (Meradi, 2015)

Oxygène dissous (mg/l) Oxygène de saturation (%)	Qualité des eaux	Classe
> 7 mg/l >90%	Normale	1A
entre 5 et 7 mg/l 70% à 90%	Bonne	1B
entre 3 et 5 mg/l 50% à 70%	Moyenne	2
< 3mg/l < 50%	Médiocre	3

Annexe 10 : Classes de turbidité usuelles (NTU) (Amrai et Boudissa, 2023)

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

Annexe 11 : la classification des eaux selon la salinité (Boulkhiout et al., 2023)

La qualité de l'eau	la salinité
Eaux douces	Moins de 0, 5 g/l
Eaux oligohalines (légèrement saumâtres)	0,5 à 5 g/l
Eaux mésohalines (saumâtres)	0, 5 à 18 g/l
Eaux polyhalines (très saumâtres)	18 à 30 g/l
Eaux salées	30 à 45 g/l
Eaux hyperhalines	30 à 45 g/l

Annexe 12 : Résultats des analyses Bactériologiques (Février- Mars – Avril 2024)

	Février		Mars		Avril	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Dénombrement des germes totaux à 37 °C (UFC/ml)	28 x 10 ⁵	53 x10 ⁵	30	40 x10 ²	30	6023
Dénombrement des coliformes totaux (CT/ml)	14 x10 ²	14 x10 ²	14 x10 ²	14 x10 ²	14x10 ²	14 x10 ²
Dénombrement des coliformes fécaux (CF/ml)	14 x10 ²	14 x10 ²	30	20	45	110
Dénombrement des streptocoques fécaux (SF/ml)	25 x10	14 x10 ²	14x10 ²	14 x10 ²	14 x10 ²	14 x10 ²

Annexe 13 : les tableaux de lecture de la galerie miniaturisée API**Tableau 1 : Lecture d'API 20 E (Amiri et Boualleg, 2014)**

Tests	Composants	QTE (mg/c up.)	Réactifs / Enzymes	Résultats	
				Négatif	Positif
ONP G	2-nitrophényl- βDgalactopyran osi de	0,223	β-galactosidase (Ortho NitroPhényl- βDGalactopyranosidase	incolore	jaune
ADH	L- arginine	1,9	Arginine DiHydrolase	jaune	rouge / orangé
LDC	L-lysine	1,9	Lysine DéCarboxylase	jaune	rouge / orangé
ODC	L-ornithine	1,9	Ornithine DéCarboxylase	jaune	rouge / orangé
CIT	trisodium citrate	0,756	utilisation du CITrate	vert pâle / jaune	bleu-vert / bleu
H₂S	sodium thiosulfate	0,075	production d'H ₂ S	incolore / grisâtre	dépôt noir / fin liseré
URE	urée	0,76	UREase	jaune	rouge / orangé
TDA	L-tryptophane	0,38	Tryptophane DésAminase	TDA / immédiat	
				jaune	Marron- rougeâtre
IND	L-tryptophane	0,19	production d'Indole	JAMES / immédiat	
				Incolore vert pâle / jaune	rose
VP	sodium pyruvate	1,9	production d'acétoïne (Voges Proskauer)	VP 1 + VP 2 / 10 min	
				incolore / rose pâle	rose / rouge
GEL	gélatine (origine bovine)	0,6	Gélatinase (GELatine	non diffusion	diffusion du pigment noir

GLU	D-glucose	1,9	Fermentation oxydation(GLUcose)	bleu / bleu-vert	jaune / jaune gris
MAN	D-mannitol	1,9	fermentation / oxydation (MANnitol)	bleu / bleu-vert	jaune
INO	inositol	1,9	fermentation / oxydation (INOsitol)	bleu / bleu-vert	jaune
SOR	D-sorbitol	1,9	fermentation / oxydation (SORbitol)	bleu / bleu-vert	jaune
RHA	L-rhamnose	1,9	fermentation / oxydation (RHAmnose)	bleu / bleu-vert	jaune
SAC	D-saccharose	1,9	fermentation / oxydation (SACcharose)	bleu / bleu-vert	jaune
MEL	D-melibiose	1,9	fermentation / oxydation (MELibiose)	bleu / bleu-vert	jaune
AMY	amygdaline	0,57	fermentation / oxydation (AMYgdaline)	bleu / bleu-vert	jaune
ARA	L-arabinose	1,9	fermentation / oxydation (ARAbinose)	bleu / bleu-vert	jaune
OX	(voir notice du test oxydase)		cytochrome-OXydase	(voir notice du test oxydase)	

Tableau 2 : Lecture d'API Staph (Amiri et Boualleg, 2014)

Tests	Composant actifs (Substrat)	Caractère recherché	Résultats	
			Négatif	Positif
0	Aucun	Témoin négatif	Rouge	-
GLU	D-glucose	Témoin positif	Rouge	Jaune
FER	D-fructose	acidification(D-FRUctose)		
MNE	D-mannose	acidification (D-ManNosE)		
MAL	Maltose	acidification (MALtose)		
LAC	lactose	acidification (LACtose)		
TRE	D-tréhalose	acidification (D-TREhalose)		
MAN	D-mannitol	acidification (D-MANnitrol)		
XLT	xylitol	acidification (XyLiTol)		
MEL	D-mélibiose	acidification (D-MELibiose)		
NIT	Nitrate de potassium	Réduction des nitrates en nitrites	NIT 1 +NIT 2/ 10 min	
PAL	β -naphtyl phosphate	Phosphatase alcaline	ZYM A + ZYM B /10	
			Incolore / Rose	Violet /Rose
VP	Pyruvate de sodium	Production d'acétyl Méthyl-carbohydate	VP 1 +VP 2 / 10 min	
			Incolore	Rose /Rouge
RAF	Raffinose	Acidification à partir du carbohydate	Rouge	Jaune
XYL	Xylose			
SAC	Saccharose			
MDG	α -Méthyl-DGlucosamine	Acidification à partir du carbohydate	Rouge	Jaune
NAG	N-acétylglucosamine			
ADH	Arginine	Arginine dihydrolase	Jaune	Orange / rouge
URE	Urée	Uréase	Jaune	Rouge /violet

Tableau 3 : Lecture d'API 20 NE (Hallaci et Mahboubi, 2019)

Tests	Substrat	Enzymes/Réaction	Résultats	
			Négatif	Positif
NO3	Nitrate de potassium	Réduction des nitrates en nitrites	NIT 1 + NIT 2 / 5 mn	
			Incolore	Rose-rouge
		Réduction des nitrates en azote	ZN / 5 mn	
			Rose	Incolore
TRP	Tryptophane	Formation d'indole	TRP / 3-5 mn	
			Incolore	Goutte rouge
GLU	Glucose Fermentation	Fermentation	Bleu à vert	Jaune
ADH	Arginine	Arginine dihydrolase	Jaune	Orange/rose/Rouge
URE	Urée	Uréase	Jaune	Orange/rose/Rouge
ESC	Esculine	Hydrolyse	Jaune	Gris/marron/Noir
GEL	Gélatine	Hydrolyse	Pas de diffusion du Pigment	Diffusion du pigment noir
PNPG	p-nitro-phényl-β-D- galactopyra	β-galactosidase	Incolore	Jaune
GLU	Glucose	Assimilation		Trouble
ARA	Arabinose			
MNE	Mannose			
MAN	Mannitol			
NAG	N-acétylglucosamine			
MAL	Maltose			
GNT	Gluconate			
CAP	Caprate			
ADI	Adipate			
MLT	Malate			
CIT	Citrate			
PAC	Phényl-acétate			
OX	Tetraméthyl-p-phenylène diamine	Cytochrome oxydase	Incolore	Violet